Phys. sp.
751
i

Phys. sp.
751 i

Woeckel
Lor.

Die

Lehre von der Wärme

mit besonderer Rücksicht

auf

die alltäglichen Erscheinungen

und auf ihre

Anwendung in den Gewerben,

der

Landwirthschaft und im Haushalte

überhaupt

für

alle diejenigen, welche ohne weitere naturwissenschaftliche Kenntnisse sich in diesem wichtigen Theile der Physik gründlich und ausführlich unterrichten wollen

von

Dr. Lorenz Wöckel,

königlicher Professor der Mathematik am Gymnasium und Lehrer der Physik an der Handelsgewerbschule zu Nürnberg.

Mit einer Kupfertafel.

Verlag von Bauer & Raspe in Nürnberg.

(Julius Merz.)

1847.

116. D.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Druck der Tümmelschen Officin in Nürnberg.

Inhaltsverzeichniß.

		Seite
	Von der Wärme überhaupt	1
I.	Quellen der Wärme	2
II.	Wirkungen der Wärme	11
III.	Mittheilung der Wärme	61
IV.	Die specifische oder eigenthümliche Wärme	77
V.	Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche	85
VI.	Der Mensch als Herr der Wärme	111
A.	Wie der Mensch dem Einfluß der Wärme zu begegnen und sich das zum Fortbestehen des Lebens erforderliche Maaß Wärme zu sichern sucht	113
B.	Wie sich der Mensch des Einflusses der Wärme bemeistert und die Wärme gehörig verwendet Bezugs der unorganischen Natur in den Gewerben	145
C.	Wie der Mensch sich des Einflusses der Wärme bemeistert und die Wärme gehörig verwendet Bezugs der organischen Natur in der Landwirthschaft	176
D.	Wie der Mensch die rechte Anwendung und den mannichfachen Gebrauch von der Wärme in seinem Haushalte überhaupt zu machen sich bestrebt	184

Vorrede.

Groß, ja man darf sagen unendlich groß, ist der Einfluß, den die Wärme auf unser ganzes Thun und Treiben ausübt. Ohne sie vermögen wir nicht eine Minute zu bestehen, ohne ein gehöriges Maaß derselben keinen Augenblick in Frohsinn und Heiterkeit zu verleben; sie herrscht gebieterisch über unsere Freuden und Leiden, ist die Herrin unseres Vergnügens und Ungemachs, unsere Krankheit und unser Arzt. — Alle organischen Körper verdanken der Wärme ihre Entstehung und Entwicklung; die unorganischen den Zustand, in welchem sie vorkommen, ob fest, tropfbar- oder ausdehnsam-flüssig. Bei allen innigen Verbindungen und Vereinigungen der Körper mit einander, bei allen sogenannten chemischen Prozessen, hat die Wärme ihre Hand mit im Spiele, und was unsere Witterung betrifft, so beruhen auf einem größeren oder geringeren Maaß von Wärme bei Weitem die meisten Erscheinungen, welche in der Atmosphäre vorkommen und den Gang der Witterung bestimmen. Durch die Art der Wärmevertheilung auf der Erdoberfläche wird der Unterschied der Klimate und damit die Verschiedenheit der Pflanzen- und Thierwelt begründet. Ohne Kenntniß des Klima aber bleiben die Sitten, Gebräuche, Einrichtungen, Beschäftigungen und Vergnügungeu, ja selbst die körperliche Konstitution und das Temperament der Bewohner eines Landes unverständlich.

So groß ist der Einfluß, den die Wärme auf die ganze Natur, besonders auf uns Menschen ausübt, und ihrer schaffenden, erhaltenden und zerstörenden Kraft kann sich kein Körper entziehen, zumal die Natur sie überall und für Alle mit der freigebigsten, beinahe mit

verschwenderischer Hand austheilt, Alles, was wir auf der Erde durch irgend einen unserer Sinne erkennen, damit erfüllt ist.

Wie nun der Mensch diesem Einfluß der Wärme auf seinen Körper zu begegnen und sich das zum Fortbestehen des Lebens erforderliche Maaß Wärme zu sichern sucht, dann, wie er sich des Einflusses der Wärme Bezugs der unorganischen Natur in den Gewerben und drittens Bezugs des organischen Lebens in der Landwirthschaft bemeistert und die Wärme gehörig verwendet, und endlich, wie er die rechte Anwendung und den mannichfachen Gebrauch von ihr in seinem Haushalte überhaupt zu machen sich bestrebt — kurz, wie wir Herren der Wärme zu werden vermögen, deren Sklaven wir sind, in so ferne wir allen Naturgesetzen unterthan sind, das gründlich und ausführlich kennen zu lernen, selbst ohne weitere Kenntniß der Physik und anderer naturwissenschaftlichen Zweige, hat sich der Verfasser nachstehender Bogen zur Aufgabe gemacht. Dazu gehört nun vor Allem eine genauere Kenntniß des Wesens der Wärme selbst, die sich vorerst darauf beschränken wird, daß wir uns mit ihren Quellen, ihren Wirkungen nach bestimmten Gesetzen, der Art und Weise, wie sie eigenthümlich in den Körpern wohnt, so wie mit ihrer Vertheilung in der Welt und vor Allem auf der Erdoberfläche genauer bekannt und vertraut machen.

Möchte die Lösung der Aufgabe sich der Zufriedenheit jedes Gebildeten erfreuen und selbst der Anerkennung der Männer vom Fache theilhaftig werden; dieß der herzliche Wunsch des Verfassers,

Dr. Wöckel.

Ueber

die Wärme

von

Dr. Lorenz Wöckel.

Von der Wärme überhaupt.

Wer kennt nicht jenes wohlthuende, eigenthümliche Gefühl, das sich unser bemächtigt, wenn wir an einem schönen Frühlingstage uns von den Strahlen der Mittagssonne bescheinen lassen, oder wenn wir zur strengen Winterszeit vom Freien aus uns in ein gut geheiztes Zimmer oder in das Innere eines tiefen Kellers begeben? Wie behaglich fühlen wir uns nicht im warmen Bade, in dem wir ausgestreckt liegen, und wie wohl ist uns nicht in den Decken und Kissen eines gut bestellten Bettes im kalten Schlafgemach, in die wir uns gleichsam vergraben haben? Und gilt es bei rauher Witterung im Freien auszuhalten und haben wir uns mit nahrhafter Speise und Trank reichlich gesättiget und reiben wir uns die Hände an, und werfen die Arme kreuzweise über einander, schlagen uns mit der rechten Hand auf die linke, mit der linken auf die rechte Schulter und trippeln mit den Füssen hin und her — erregen wir dadurch nicht mehr oder weniger jene bekannte eigenthümliche Empfindung, die uns möglich macht, lange der Kälte Trotz zu bieten?

Es ist das Gefühl der **Wärme**, das in den angeführten Fällen sich unser bemeistert, und das sich nicht beschreiben, sondern blos erfahren läßt. Die Ursache dieses Gefühls suchen wir in der Annahme eines gewissen höchst feinen, Alles durchdringenden, ausdehnsamen Stoffes, der durch die ganze Natur verbreitet und in allen Körpern befindlich ist, der aber gleichwohl der Wahrnehmung unserer meisten Sinne entgeht und selbst durch seine Schwere sich nicht kund giebt, so daß seine Anwesenheit oder seine Abwesenheit, sein Zutritt oder Abgang vom Gewichte nicht angezeigt wird. Wir nennen diesen Stoff, den wir uns am besten in Gestalt einer ausdehnsamen Flüssigkeit vorstellen, gleichfalls **Wärme**, und sprechen deßhalb vom Uebergang der Wärme von einem Körper zum anderen, von ihrer Verbindung mit anderen Körpern, von einem größeren und geringeren Maaß der Wärme u. s. w.; bezeichnen demnach mit einem und demselben Worte sowohl jene

besondere Art von Empfindung, welche wir unter gewissen Umständen, wie den oben bezeichneten, haben, als auch die Ursache dieser Empfindung, jenen höchst feinen, ausdehnsamen Stoff, den wir füglich Wärmestoff nennen sollten.

Es geht uns hier genau so, wie mit dem Worte Schall. Unter Schall verstehen wir nämlich auch eine gewisse Empfindung, welche Körper, die um uns sind, in unseren Gehörswerkzeugen verursachen; allein mit demselben Worte bezeichnen wir gleichfalls auch die Ursache, wodurch jene Empfindung in uns erregt wurde. In beiden Fällen, wo man für die Ursache denselben Namen gebraucht, wie für die Wirkung, kann jedoch ein Irrthum nicht entstehen, indem sich stets aus dem Zusammenhange ergibt, in welchem Sinne man das Wort zu nehmen habe.

So wenig wir nun auch von der eigentlichen Natur und dem Wesen des Wärmestoffes oder schlechthin der Wärme wissen, und so unbekannt uns noch die Ursache aller Wärmeerscheinungen ist, immerhin kennen wir diese gewaltige Naturkraft, welche alle Körper der Erde durchdringt, an allen Veränderungen derselben Theil nimmt und selbst die Ursache mehr oder weniger davon ist, genau genug, um ihre Quellen, ihre Wirkungen nach bestimmten Gesetzen, die Art und Weise, wie sie sich mittheilt und wie sie eigenthümlich in den Körpern wohnt, so wie ihre Vertheilung in der Welt und vor Allem auf der Erdoberfläche nachweisen und die rechte Anwendung von ihr in Bezug auf unser Leben und dessen Verhältnisse machen zu können. Denn so gebieterisch die Wärme auf der einen Seite über unser ganzes Thun und Treiben herrscht, so daß wir keinen Augenblick von ihrem Einflusse frei sind und ohne sie zu existiren vermögen, so zwingen wir sie doch anderseits, unserem Willen zu gehorchen und unseren Zwecken zu dienen, indem wir sie auf mannichfache Weise hervorrufen und unterdrücken, von einer Stelle zur andern leiten und auf vielerlei Art benützen.

Lernen wir nun vorerst die Quellen kennen, aus denen die Wärme herfließt.

I. Quellen der Wärme.

1) Die Sonne.

Wer sollte nicht wissen, daß die Sonne die Hauptquelle der Wärme für unsere Erde ist, der je zur Sommerszeit, wo die Sonne länger über unserem Gesichtskreis, Horizont genannt, verweilt und höher über demselben

zu stehen kommt, vor allzugroßer Wärme, die wir Hitze nennen, sich zu verwahren und zur Winterszeit, wo die Sonne kürzere Zeit ihre Gegenwart uns gönnt und nur spärliche Strahlen von ihrem tieferen Stande aus uns zusendet, den Mangel der erwärmenden Sonnenstrahlen durch andere Wärmequellen, die wir sogleich näher kennen lernen werden, zu ersetzen suchte? Dieß wußten unsere Vorfahren eben so gut, als wir und überzeugten sich schon frühzeitig von dem großen Einfluß, den die Sonne sowohl durch ihr Licht, als ihre Wärme auf unser ganzes Thun und Treiben ausübt.

„Können auch wir uns eines Gefühls der Erhabenheit und Ehrfurcht nicht entschlagen, wenn wir an die Sonne denken, daran denken, was wir ihr verdanken und was wir ohne sie wären, — was Wunder, daß die alten Völker bei der frommen Betrachtung der Natur vorzugsweise dem Dienste der Sonne sich widmeten und unter mancherlei Sinnbildern ihre Verehrung und Dankbarkeit auszudrücken suchten? An ihren Gang, ihre Thätigkeit, ihren Einfluß sind, wie wir später ausführlicher sehen werden, alle Segnungen, welche die Erde spendet, gebunden. Steigt sie, so erwachen die Kräfte der Erde, und wenn sie sinkt, so nehmen diese ab. Mit dem kürzesten Tage wird für uns ein neues Jahr geboren, und in der Zunahme der Länge der Tage erblicken wir die Gewißheit, daß der beglückende Frühling sich nähert."

Je höher die Mittagssonne über unseren Horizont zu stehen kommt, um so weniger schräge fallen ihre Strahlen auf denselben auf, um so geringer ist die Dicke der Luftschicht, die sie zu durchdringen haben, und um so größer ist die Kraft ihrer Erwärmung; je weniger hoch aber die Sonne am Himmelsgewölbe heraufsteigt, in einer um so schrägeren Richtung gelangen ihre Strahlen zu uns herab, um so mehr wächst die Dicke der Luftschicht, die zu durchdringen ist, und um so weniger sind sie geeignet, Wärme zu verursachen. Daher schreibt es sich, daß es täglich beim Sonnen Auf- und Untergang weniger warm ist, als Mittags, wo die Sonne täglich ihren höchsten Standort am Himmel einnimmt, und daher kommt es, daß die Sonne zur Zeit unseres Sommers, wo sie jährlich ihre größte Erhöhung über unserem Gesichtskreis hat, ungleich mehr Wärme verbreitet, als in den anderen Jahreszeiten, ohngeachtet sie zu dieser Zeit (2. Juli) um ohngefähr **700000** Meilen weiter von der Erde entfernt ist, als zur Zeit unseres Winters, am 1. Januar. Uebrigens hängt die wärmeerregende Kraft der Sonnenstrahlen auch von den verschiedenen Stoffen, Medien genannt, ab, durch welche sie dringen, ehe sie die Erdoberfläche erreichen.

Was Bezugs der Wirksamkeit der Sonnenstrahlen für unseren Ort

und unsere Gegend gilt, das hat gleiche Geltung für die ganze Oberfläche der Erde, und daher der große Unterschied ihrer Kraft unter den verschiedenen Himmelsstrichen und in den verschiedenen Jahreszeiten. In der heißen Zone der Erde, jenem in der Mitte der Erdoberfläche sich herumziehenden, von den Erdpolen gleich weit entfernten Streifen, dessen Bewohnern die Sonne selbst zur Zeit ihres Winters nie so weit vom Scheitelpunkt absteht, als uns zur Zeit unseres Sommers, glaubten die Alten müsse vor Hitze Alles umkommen, so wie in der kalten Zone vor Mangel an Wärme Alles erstarren. Daß dem nicht also sey, werden wir später bei der Lehre von der Verbreitung der Wärme auf der Erdoberfläche näher erfahren; immerhin wirkt aber die Sonne in jener Zone nicht minder gewaltig, als in den Polargegenden unbedeutend. Ueberhaupt wird eine Fläche bei einerlei Abstande von einer Wärme- oder Lichtquelle desto mehr erwärmt oder erleuchtet, je mehr sich eine Linie, von der Fläche nach der Quelle gezogen, der senkrechten Richtung nähert. Man nehme z. B. bei Licht ein Buch und halte es so, daß die Lichtstrahlen nahe senkrecht darauf fallen, und man kann die Schrift leicht lesen, so wie jedoch bei Drehung des Buchs die einfallenden Strahlen schräger auf die Fläche einfallen, wird letztere geringer erleuchtet und bald ist man nicht mehr im Stande, die Buchstaben zu unterscheiden.

Eine weitere Eigenschaft der Sonnenstrahlen ist die, daß sie um so kräftiger wirken, je vereinigter (concentrirter) sie auf einen Körper fallen. Man bewirkt diese größere Vereinigung der Sonnenstrahlen dadurch, daß man sie mit einer gewissen Art Gläser, Brenngläser genannt, so aufzufangen sucht, daß sie sich alle hinter dem Glase in einem Punkte, Brennpunkte, vereinigen, der sich nicht nur durch sein blendendes Licht, sondern auch durch seine überraschende Hitze kenntlich macht. Die Hitze, welche durch große Brenngläser im Brennpunkte entwickelt wird, ist die größeste, welche wir überhaupt zu erzeugen vermögen. Feuchtes, ja sogar im Wasser durchweichtes Holz fängt in diesem Brennpunkte bald sich zu entzünden an; selbst streng flüssige Metalle, die man auf eine ausgehöhlte Kohle legt, schmelzen, ja selbst Ziegel und Erden brachte der Graf Tschirnhausen im Brennpunkte eines solchen Glases, dessen größte Breite oder Durchmesser freilich nicht weniger als 2½ Fuß maß, zum Glühen und Verglasen. Noch größer sind die Wirkungen der Brennspiegel, d. i. solcher Spiegel, die aus Abschnitten hohler Kugeln gebildet sind, wie unsere Uhrgläser. Wir werden auf diese Instrumente später wieder zurückkommen und bemerken hier nur so viel, daß die Hitze, welche durch sie hervor gerufen wird, selbst den Demant zerstört, den härtesten aller Steine.

Also wirken die Sonnenstrahlen, welche unmittelbar von der Sonne zu uns gelangen und deren Wärmenerregung sich kaum besser begreiflich machen läßt, als wenn wir annehmen, das Licht der Sonne verstärke die Kraft des Wärmestoffes, der in den Körpern liegt und erhöhe so dessen Temperatur.

Die jährlich auf unsere Erde fallende Sonnenwärme vermag wenigstens eine über ihre Oberfläche verbreitete Eisschicht von 94 Fuß zu schmelzen und dabei ist die erwärmende Wirkung der Sonnenstrahlen unter übrigens gleichen Umständen gleich groß, sie mögen vom Rande oder aus der Mitte der Sonnenscheibe kommen. Auch die von den Körpern unserer Erdoberfläche zurückgeworfenen (reflectirten) Sonnenstrahlen erzeugen Wärme und durch genaue Instrumente zum Messen der Wärme, deren später Erwähnung geschieht, überzeugt man sich, daß selbst das bloße Taglicht in nördlich gelegenen Zimmern, also ohne unmittelbaren Einfluß der von der Sonne selbst auffallenden Strahlen, noch eine geringe Vermehrung der Temperatur bewirkt.

Was aber die mittelbar von der Sonne zu uns kommenden, die von den Planeten, ihren Monden und den Kometen zurückgeworfenen (reflectirten) Sonnenstrahlen betrifft, so hat man keine Wärmeeigenschaften an ihnen entdeckt, und vom Lichte des Vollmondes nur so viel herausgebracht, daß es auf manche Körper dennoch einen innerlichen Einfluß ausübt, da es neuerer Zeit den Physikern gelungen ist, durch Einwirkung des Mondscheins auf Chlorsilber einen bleibend weißen Fleck von der Form des Mondes zu erzeugen.

Sind die Fixsterne, wie die Astronomie lehrt, gleichwohl sonnenhafte Körper, aller Wahrscheinlichkeit nach in ihrer Mehrzahl noch viel größer als unsere Sonne, so besitzt ihr Licht doch gar keine erwärmende Kraft, wie auch in Folge der ungeheuer großen Entfernung, aus welcher dasselbe auf unsere Erde gelangt und die wenigstens nicht unter 4 Billionen Meilen beträgt, nicht anders zu erwarten ist.

2) Die eigenthümliche Wärme des Erdkörpers.

Sorgfältige Beobachtungen, welche in tiefen Schachten und Bohrlöchern angestellt wurden, haben es außer Zweifel gesetzt, daß die Temperatur, d. h. das Maaß der Wärme, des Erdkörpers nach Innen immer mehr zunimmt, und zwar in dem Grade, daß bei gleicher Wärmezunahme mit der Tiefe das Wasser schon bei ohngefähr 8640 bayer. Fuß Tiefe sieden, das Eisen bei etwa 5 Meilen Tiefe schmelzen und jeder andere Stoff, wenn er einem

uns bekannten ähnlich ist, in noch größerer Tiefe sich in geschmolzenem Zustande befinden müßte. Die innersten Theile unserer Erdkugel müssen sich durchweg in einem glühenden oder geschmolzenen Zustande befinden und nur das schlechte Leitungsvermögen der erkalteten, den glühenden Kern einschließenden Erdkruste, von dem wir in der Folge reden werden, macht es, daß wir von dieser großen Hitze der Erde in ihrem Innern auf der Oberfläche so wenig merken und nur in dem Schmelzen des Schnees und Eises unter den Gletschern, nämlich da, wo sie den Boden berühren, bis zu einer Höhe von 6000 Fuß, so wie in den Vulkanen, heißen Quellen und artesischen Brunnen ihre Wirkungen verspüren.

In nicht allzugroßer Tiefe unter der Erde bleibt sich die Temperatur ziemlich gleich und steht im Winter über, im Sommer unter der auf der Oberfläche herrschenden Temperatur, wie den Bergleuten von jeher bekannt gewesen, die zur Winterszeit, wenn sie auf der Oberfläche der Berge tüchtig zusammen gefroren sind, eiligst nach den Gruben gehen, um daselbst aufzuthauen und der angenehmen Wärme, die daselbst herrscht, sich zu erfreuen.

Diese Tiefe ist nicht in allen Gegenden gleich groß und hängt sowohl vom Boden der Gegend ab, als auch von der Größe des Temperaturunterschiedes der heißesten und kältesten Jahrszeit. In der heißen Zone Amerikas, wo dieser Unterschied sehr gering ist, genügt es im Allgemeinen, das Instrument, womit man die Wärme mißt, in eine Tiefe von 1 bis 2 Fuß in den Boden zu stecken, um die gesuchte Größe zu erlangen.

3) Chemische Verbindungen.

Nach der Sonne sind für uns die chemischen Verbindungen, besonders aber eine Art derselben, die Verbrennung, die wichtigsten Wärme-Quellen.

Unter einer chemischen Verbindung versteht man aber die Vereinigung ungleichartiger Körper zu einem durchaus gleichartigen Ganzen, wie z. B. die Vereinigung des Zinks und Kupfers zu Messing, des Sandes und der Pottasche zu Glas, des Fettes und Laugensalzes zur Seife, des Schwefels und Quecksilbers zu Zinnober. Bei sehr vielen dieser Verbindungen wird nun Wärme erzeugt, wie man leicht erfahren kann, wenn man Schwefelsäure in Wasser gießt, oder noch besser, wenn man gleiche Theile Schwefel- und rauchende Salpetersäure mit einander vermischt und diese Mischung mit einer gleichen Menge Terpentinöl zusammenbringt, wobei eine sehr bedeutende Wärme sich entwickelt, indem letzteres sich zu einer hellen Flamme mit dickem schwarzem Rauche entzündet. In mehr oder weniger bedeuten-

dem Grade geschieht dasselbe überhaupt, wenn man alle Körper, vorzüglich in gepulvertem Zustande, wie Glaspulver, Thon, Kohle, Wolle und Haare, Eisenfeile, Sägspäne, Gerberlohe, geröstete Kleie, Malz, Saamen und Wurzeln u. s. w. mit Wasser, Weingeist, Aether oder Oel benetzt, so daß sich diese Stoffe, zumal wenn sie fest zusammengeballt und noch dazu von der Sonne beschienen werden, öfters von freien Stücken entzünden und nicht selten großes Brandunglück verursachen. Die organischen Körper werden dabei mehr erwärmt als die unorganischen, was wohl eine Folge größerer Feinheit ihrer Theilchen ist. Auch ist die Wärmeentbindung bei diesen chemischen Verbindungen um so stärker, je inniger sich die Körper mit einander verbinden und je größer ihre Verdichtung ist. So ist die Wärme, welche beim Löschen des gebrannten Kalks mit Wasser entwickelt wird, so beträchtlich, daß man ihrer zur Erwärmung von Speisen und Getränken an Orten, die sehr feuergefährlich sind, z. B. in der Gondel eines Luftballons bedient, wie es im Jahre 1836 der Fall war, als der Mechaniker Green in Begleitung mehrerer Freunde am 7. November Nachmittags 2 Uhr von London in einem Ballon abreiste und Tags darauf Morgens gegen 10 Uhr zu Weilburg im Herzogthum Nassau sich niederließ, nachdem er einen Weg von mehr als 100 Meilen zurückgelegt hatte.

Allein vor Allem sind hieher die chemischen Verbindungen einzelner, sogenanter brennbarer Körper mit dem einen Hauptbestandtheil der atmosphärischen Luft, dem Sauerstoffe, zu rechnen, welche wir im Verbrennen der Körper gewahr werden. Hiebei wird, wie wir ja alle wissen, viel Wärme zu Tage gefördert, so daß wir in dieser Wärmequelle fast allein Schutz und Abwehr gegen die allem Leben feindliche Kälte zu suchen gewohnt sind. Das Nähere über den Verbrennungsproceß, der nichts weiter als eine chemische Mischung oder Trennuug der Körper ist, verbunden mit Ausscheidung von Licht und Wärme, werden wir in der Folge kennen lernen.

Als eine vierte Quelle der Wärme, die wahrscheinlich mit der so eben angeführten in naher Beziehung steht, ist weiter zu nennen

4) Der Lebensproceß.

Die lebenden Wesen, worunter wir außer uns Menschen die Thiere und Pflanzen zählen, entwickeln, so lange die Thätigkeit der Lebenskraft dauert, fortwährend Wärme, welche im Winter in der kalten Zone bedeutend höher, im Sommer in der heißen an einigen Orten merklich niedriger ist, als die der umgebenden Natur. Die Vögel besitzen unter allen

lebenden Geschöpfen die höchste Wärme, die Amphibien und Fische unter den Wirbelthieren die niedrigste. Die Muschelthiere, Schaalthiere und Würmer scheinen die Temperatur des Elementes zu haben, in welchem sie leben. Bemerkenswerth ist, daß die Temperatur des menschlichen Leibes bei allen Menschenarten, farbigen und weißen, sie mögen sich von Fleisch oder Pflanzen nähren, dieselbe bleibt, sich aber etwas erhöht, wenn der Mensch von einem kalten oder gemäßigten Clima in ein heißes versetzt wird. Bei den Vegetabilien gibt die Erfahrung sehr abweichende Resultate, da die Pflanzen das Sauerstoffgas aushauchen, das beim animalischen Lebensproceß gebunden wird. Immerhin aber entwickeln sie Wärme, die ihnen aber zu einem so großen Theil durch Verdunstung entzogen wird, daß ihre Temperatur unter die ihrer Umgebung herabgeht.

Als Ursache der in dem menschlichen und thierischen Körper erregten, eigenthümlichen Wärme gibt man bald die Lebensthätigkeit des Bluts, bald die der Nerven, bald die durch das Athmen herbeigeführte Vermischung des Sauerstoffs der Luft mit dem Kohlenstoffe und Wasserstoffe des Bluts, wobei die Luft, welche wir einathmen, in derselben Weise verändert wird, wie die Luft, welche zur Verbrennung gedient hat, also Wärme entbunden wird, bald den Proceß der Verdauung oder der Aneignung und Verarbeitung der von Außen her dem Körper zugeführten Bestandtheile und noch andere Ursachen an. Allein mit Gewißheit läßt sich hierüber nichts Bestimmtes angeben. Wahrscheinlich aber liegt die Quelle der thierischen Wärme zunächst im Blute, denn sie wird durch dieses im ganzen Körper verbreitet und diejenigen Theile sind die wärmsten, welche den stärksten Zufluß des Blutes haben, Die äußersten Körpertheile sind am kältesten, auch kälter und absterbend, wenn das Blut aus ihnen zurück tritt. Schließlich sind noch als sehr gewöhnliche und bekannte Mittel der Wärmeerregung oder als Wärmequellen anzuführen

5) Reibung, Schlag, Stoß, Biegen, Klopfen, Schleifen, Verdichtung der Körper.

Wird ein Stück Holz an einem anderen, am besten ein weiches und ein hartes, längere Zeit gerieben und sind beide Stücke Holz trocken, so fangen sie an zu rauchen, werden schwarz und fangen zuletzt Feuer; ein Mittel, dessen sich wilde Völker zum Anmachen von Feuer schon von je her bedienten. Auch bei uns sieht man nicht selten die Kinder ein Lineal an einer Tischplatte reiben und sich dann freuen, daß ein brenzlicher Geruch entsteht mit etwas Rauch und dabei der geriebene Fleck so heiß

wird, daß sie ihn nicht anfassen mögen. Drechsler aber wissen vermittelst eines Stäbchens recht harten Holzes, das dagegen gedrückt wird, in ein Stück anderes Holz, das sich durch die Drechselbank schnell umdreht, verkohlte schwarze Ringe einzubrennen. Wagenachsen und Zapfen schwerer Wellen haben durch die anhaltende Reibung der Achsen an ihrer Unterlage nicht selten eine Entzündung veranlaßt, ein Unglück, welches durch gehöriges Einschmieren mit Oel, Fett, Thon, Seife, wodurch die Reibung beträchtlich vermindert wird, oder durch Begießen mit Wasser verhindert werden kann. Daher muß auch, wenn Schiffe vom Stapel gelassen werden die Unterlage mit schwarzer Seife sehr dick überlegt werden, damit das Holz nicht verbrennt und die Rolle, über welche das Harpunenseil, wenn der getroffene Wallfisch in die Tiefe fährt, schnell abläuft, beständig mit Wasser begossen werden, damit sie sich nicht entzündet. Glasröhren und Glasstäbe sprengt man ab, indem man einen Bindfaden um sie schlingt und diesen durch Bewegung der Röhren stark an ihnen reibt, sie dadurch stellenweise erhitzt und dann durch einen Wassertropfen abkühlt. Wir verbrennen uns die Hände, wenn wir sie unbesonnener Weise an einem Seile geschwind hinab fahren lassen und dasselbe begegnet uns, wenn wir Sägen, Bohrer, Feilen und dergleichen nach ihrem längeren unmittelbaren Gebrauch, zumal bei der Bearbeitung der Metalle, mit der blosen Hand berühren, ohne sie zuvor im Wasser abgekühlt zu haben. Ein Gleiches findet bei der Berührung eines so eben gebrauchten, eisernen Radschuhes statt, der nicht selten zischt, wenn er auf seinem Wege Flüssigkeiten begegnet, oder der Schienen einer Eisenbahn, welche beim schnellen Fahren der durch Dampfkraft fortbewegten Wägen sich bis zur Rothglühhitze erwärmen. Kanonenröhren erhitzen sich während des Ausbohrens so stark, daß man dadurch selbst Wasser zum Sieden brachte, und die auf den Polarmeere treibenden Eismassen bringen durch ihr gewaltiges Aneinanderstossen und Reiben das zwischen sie gerathene Treibholz selbst zum Entbrennen. Ja selbst zwei Stücke Eis, welche man bei niedriger Lufttemperatur an einander reibt, kann man bis zum Schmelzen erhitzen.

Jedermann kennt wohl die seit Alters her übliche Gewohnheit, Feuer dadurch anzumachen, daß man einen Feuerstahl an einem Kieselstein, oder umgekehrt, einen Kieselstein an einem Feuerstahl wiederholt herunter schlägt? Die kleinen Funken, welche dabei zur Erscheinung kommen, fallen in einen leicht entzündbaren Stoff, den sogenanten Zunder, verursachen dort ein Glimmen desselben und setzen uns dadurch in den Stand, lebendiges Feuer uns zu verschaffen. Fangen wir diese Funken statt im Zun-

der auf einem Bogen weißen Papieres auf und betrachten sie mittelst eines Mikroscopes oder Vergrößerungsglases, so erkennen wir durch dasselbe, daß diese Funken nichts weiter sind als kleine Stahl- und Glaskügelchen theils von eckiger, ausgezackter, noch mehr aber kugelförmiger Gestalt, wie die Schrotkörnlein, und legen uns noch überdies dadurch, daß sie mit den Schlacken (so heißt beim Bergbau jedes im Feuer geschmolzene Gestein) gleiche Merkmale besitzen, die Ansicht nahe, daß sie entweder wirklich geschmolzen oder doch wenigstens geglühte Stahltheilchen sind, welche durch Reibung des Stahls am härteren Stein ihre hohe Temperatur erlangt haben, vermöge der sie durch Aufnahme von Sauerstoffgas aus der atmosphärischen Luft verbrennen. Daher auch die baldige Abnutzung des Stahls. In noch bedeutenderem Grade geht diese Entwicklung der Funken vor sich, wenn Stahlwaaren, wie Messer, Scheeren, Beile, Schwerter u. s. w. auf großen Schleifsteinen behandelt werden, wo große Feuerstrahlen durch die starke Reibung des Stahls auf dem rauhen Stein entwickelt werden, die im Dunkeln ein schönes Schauspiel geben. Selbst wenn zwei solche rauhe Steine sich auf einander reiben, wie es in einer Mahlmühle der Fall ist, welche leer geht, kann es außer der Wärmeentwicklung zu einer solchen Funkenbildung und dadurch zur Entstehung eines Brandes kommen, der einfach durch Beschäftigung der Mühle zu verhindern ist. Sogar unter Wasser geben zwei an einander geschlagene Feuersteine oder Quarzstücke Funken. Die durch Reiben entwickelte Wärme ist unerwartet groß und hängt sehr von der Beschaffenheit der geriebenen Körper ab, aber nicht von ihrer Dichtigkeit, denn Blei gibt hiebei weniger Wärme als Zink. Folgerecht sollte man erwarten, daß auf gleiche Weise als durch Zusammendrückung fester Körper Wärme entwickelt wird, durch ihre Ausdehnung Kälte entstehen müßte, dennoch aber zeigt die Erfahrung das Gegentheil. Legt man einen Streifen Federharz an die Lippe oder an einen empfindlichen Theil des Gesichtes und dehnt man ihn durch plötzliches Anziehen seiner beiden Enden stark aus, so wird Wärme empfunden, da durch solche Ausdehnungen auf jeden Fall eine Reibung der Theile an einander bewirkt wird. Ein Stück Eisen kann durch Hämmern beträchtlich, ja bis zum Rothglühen erhitzt werden. Die Erwärmung steigert sich mit der Verdichtung. Hat aber der feste Körper einmal eine gewisse Dichte erreicht, die nicht überstiegen werden kann, so hört damit auch jede weitere Erwärmung auf. Diejenigen Metalle, welche sich durch Schlagen und Druck am meisten verdichten lassen, entwickeln auch die meiste Wärme, wie man in den Münzstätten beim Prägen der Münzen zu beobachten Gelegen-

heit hat, wo übrigens stets durch den ersten Stoß die Münze am meisten erwärmt wird. Auch weiche Körper, als Leder, Holz, Leinen, Wollenzeug, trockene Pflanzenstoffe erhitzen sich durch starkes Hämmern. Kohlenpulver, wird dadurch selbst in Brand gesetzt, weßhalb man die Bestandtheile unseres Schießpulvers einzeln zu zermalen pflegt.

Luftförmige Körper können durch Druck noch mehr verdichtet werden als feste, und auch bei ihnen findet mit der Verdichtung eine Wärme-entwicklung statt wie aus folgendem Versuch sich ergibt, wo man sich der Luftverdichtung selbst als Feuerzeug bedient. Man verschafft sich eine genau gearbeitete, etwa einen halben Schuh lange, metallene oder gläserne Röhre von dicken Wänden, welche unten wohl verschlossen ist, und an die sich ein Stempel oder Kolben bei seiner Bewegung so genau anschließt, daß er selbst der Luft, dieser überaus feinen Flüssigkeit, keinen Durchgang gestattet. Zieht man nun den Kolben aus der Röhre, bringt an den kleinen Haken, welcher in der Mitte seiner Vorderfläche sich befindet, ein Stückchen guten Schwamm an, stößt dann mit aller Gewalt den Kolben in die Röhre, zieht ihn aber eiligst wieder heraus, so wird der am Häkchen befindliche Schwamm glühend geworden seyn. Die in der Röhre befindliche Luft ist durch das schnelle Hinunterstoßen des genau an die Röhre sich anschließenden Kolbens bis etwa auf den zehnten Theil ihres ursprünglichen Raumes zusammen gepreßt worden, durch welche Verdichtung so viel Wärme entwickelt wurde, als hinreichend ist, ein Stück Schwamm zu entzünden. Mollet in Lyon hat diese Vorrichtuug erfunden, weßhalb sie auch die Molletsche Pumpe heißt, und man kann sich die durch ihren Gebrauch erzeugte Wärme dadurch veranschaulichen, daß man sich den Wärmestoff, als zwischen den kleinsten Theilchen der Körper befindlich, durch Zurückführung derselben auf einen geringeren räumlichen Inhalt, wie das in den Poren eines Waschschwamms vorhandene Wasser ausgepreßt vorstellt.

II. Wirkungen der Wärme.

Von den Quellen der Wärme, die wir im Vorhergehenden näher kennen gelernt haben, wenden wir uns nun zu den Wirkungen der Wärme, und hier sind es vornehmlich zwei Wege ihres Wirkens, auf welchen wir ihr begegnen, einmal, indem sie den Rauminhalt oder das Volumen der Körper ändert und zweitens den Zustand ihres Bestehens, ob sie nämlich fest, flüssig oder luftförmig sind, was wir mit dem Namen Aggregatszustand bezeichnen.

Diese Aggregatszustände oder Aggregatsformen der Körper sind bekanntlich drei, d. h. die Körper sind entweder fest, flüssig oder luftförmig (ausdehnsam, elastisch), und man versteht unter festen oder starren Körpern diejenigen, welche in bestimmten Formen vorkommen und deren Theile nur mit Gewalt, zuweilen gar nicht, verschoben werden können; unter flüssigen diejenigen, die gar keine bestimmte Form haben, sondern immer die Gestalt des Raumes annehmen, in dem sie eingeschlossen sind, deren Theile sich leicht verschieben und trennen lassen und die außerdem das Eigenthümliche haben, daß sie in kleinen Mengen Tropfen bilden. Luftförmige Körper oder Luftarten endlich sind solche, deren Theile sich noch leichter als die der flüssigen Körper verschieben lassen und die außerdem das Bestreben haben, sich in einen immer größeren Raum auszudehnen und zwar desto stärker, je mehr sie zusammen gedrückt werden, weßhalb ihnen auch die Benennung ausdehnsam oder elastisch zukommt.

Gibt es bei den festen Körpern Grade der Festigkeit, so wie bei den flüssigen der Flüssigkeit, so daß man von sehr festen, festen, sehr harten, harten, halbharten, zerreiblichen und weichen Körpern spricht und eben so von dickflüssigen, zähen, dünnflüssigen u. s. w., so theilt man die Luftarten wiederum in Gase und in Dämpfe oder Dünste ein, und heißt diejenigen ausdehnsamen Körper Dämpfe oder Dünste, welche durch einen mäßig hohen Grad von Zusammendrückung oder Kälte ihre Luftform verlieren und in den flüssigen Zustand zurück kehren, Gase aber diejenigen, bei welchen dies entweder gar nicht, oder nur mit sehr großer Mühe geschehen kann. So mag man z. B. unsere gewöhnliche atmosphärische Luft zusammendrücken, so viel man immer nur will, sie nach Belieben erkälten, und dennoch ändert sie ihren ausdehnsamen Zustand nicht. Läßt man dagegen die Dämpfe des siedenden Wassers in eine Röhre aufsteigen, verschließt das eine Ende derselben und stößt einen genau an die Röhre sich anschließenden Kolben in dieselbe, so werden dadurch die Wasserdämpfe zusammengedrückt und verdichten sich wieder zu reinem, flüssigem Wasser, woraus sie mittelst der Wärme entstanden sind. Derselbe Uebergang der Wasserdämpfe in Wasser erfolgt aber auch, wenn die Röhre, durch welche sie hindurch geleitet werden, bedeutend abgekühlt wird, was wir ja bei jeder kalten Witterung an unseren Fensterscheiben zu beobachten Gelegenheit haben, wo sich die in der warmen Stubenluft befindlichen Wasserdünste als tropfbar flüssiges Wasser niederschlagen.

A. Aenderung des Rauminhaltes oder des Volumens der Körper durch die Wärme.

Gesetzt man habe eine eiserne Kugel und einen eisernen Ring, dessen Oeffnung merklich kleiner ist als die Kugel, so daß letztere bei der gewöhnlichen Lufttemperatur nicht durchfallen kann. Erwärmt man nun den Ring bis zu einem bedeutenden Grade, daß er etwa rothglühend sich zeigt und bringt dann auf ihn die Kugel, so bleibt diese nicht mehr auf der Oeffnung liegen, sondern fällt hindurch, da die Oeffnung des Rings weiter geworden ist und zwar in Folge der Wärme, welche das Eisen ausdehnte. Wartet man nun so lange, bis der Ring wieder abgekühlt ist und seine frühere Temperatur wieder besitzt und bringt alsdann wieder die Kugel auf seine Oeffnung, — die Kugel bleibt auf ihr liegen und fällt nicht durch sie hindurch, da der Ring in Folge seiner Abkühlung sich wieder zusammen gezogen hat. Die festen Körper, so schließen wir aus diesem Versuche, dehnen sich bei steigender Wärme merklich aus und ziehen sich bei abnehmender hingegen wieder zusammen.

Ob dieß auch bei dem tropfbar flüssigen Körper der Fall ist? Man nehme eine gläserne Röhre etwa von der Weite eines Federkiels, an deren einem Ende sich eine Kugel von der Größe eines Borsdörfer Apfels angeblasen befindet. Fülle die Kugel und einen Theil der Röhre mit irgend einer Flüssigkeit, am einfachsten mit Wasser, an und markire an der Röhre, wie hoch das Wasser in derselben steht. Erwärmt man nun vorsichtig, etwa über einem Kohlenfeuer oder über einer Spirituslampe, die Flüssigkeit, so fängt dieselbe an, sich immer mehr und mehr über den markirten Punkt zu erheben, bis sie endlich bei einem gewissen Punkte stehen bleibt. Die Wärme der glühenden Kohlen oder des brennenden Spiritus theilte sich vorerst dem Glase und von diesem der Flüssigkeit mit, und obgleich sich die Kugel und Röhre ausdehnte, so geschah dieß doch noch in viel höherem Grade von der Flüssigkeit, und daher ihr höherer Stand in der Röhre. Entfernt man die angefüllte Röhre von der Wärmequelle und läßt sie wieder abkühlen, so fängt mit abnehmender Temperatur die Flüssigkeit in der Röhre zu sinken an und nimmt zuletzt wieder den Stand ein, den sie vor dem Erwärmen eingenommen hatte. Auch die tropfbar flüssigen Körper, schließen wir, dehnen sich bei steigender Wärme aus und ziehen sich bei abnehmender wieder zusammen. Und gleiche Eigenschaft theilt auch die dritte Art von Körpern, die elastisch flüssigen oder ausdehnsamen Körper, die

Luftarten, wie uns nachstehender Versuch auf eine überraschende Weise zeigt.

Aus einer luftdichten, mithin unbeschädigten Schweinsblase suche man durch Zusammendrücken vermittelst der Hände die in der Blase befindliche Luft dem größten Theile nach zu entfernen und binde die Blase dann oben fest zu. Legt man dann diese eingedrückte, faltige Blase auf einen mäßig erwärmten Ofen, so verschwindet zusehens eine Falte um die andere, die Blase schwillt immer mehr auf, gewinnt von Sekunde zu Sekunde eine größere Dicke, so daß sie zuletzt sicherlich, wenn man sie nicht zeitig genug vom Ofen entfernte, zerspringen würde. Die geringe Menge Luft, welche in der zusammengedrückten, fest zugebundenen Blase sich noch befand, dehnt sich durch die vom erwärmten Ofen mitgetheilte Hitze in so hohem Grade aus, wie es weder bei den festen, noch den flüssigen Körpern statt findet.

Alle Körper, so lautet das Naturgesetz, dehnen sich bei zunehmender Wärme aus und ziehen sich bei abnehmender wieder zusammen, und zwar nicht blos nach der Länge, sondern auf gleiche Weise nach der Breite und Höhe oder Dicke. Wärme dehnt die Körper aus, Kälte zieht sie zusammen.

Dabei dehnen sich die luftförmigen Körper am stärksten aus, weil bei ihnen die Kraft des Zusammenhangs ihrer einzelnen Bestandtheile, welche Eigenschaft der Körper man mit Cohäsion bezeichnet, am geringsten ist, die flüssigen weniger stark und die festen am wenigsten aus, wenn sie gleich großer Wärme ausgesetzt werden, wie aus folgenden Ergebnissen sich herausstellt, die von vielen Naturforschern durch genau angestellte Versuche gewonnen wurden. Ein Würfel Eisen, der 10 Fuß lang, 10 Fuß breit und 10 Fuß hoch ist, oder dessen Rauminhalt 1000 Cubikfuß beträgt, wenn er in aufthauendem Eise sich befindet, dehnt sich in siedendes Wasser gebracht um 1½ Cubikfuß aus. Dagegen nehmen 1000 Cubikfuß eiskaltes Wasser um 47 Cubikfuß zu, wenn sie bis zum Kochen erwärmt werden, und 1000 Cubikfuß eiskalte Luft selbst um 375 Cubikfuß, wenn die Luft bis zur Wärme des siedenden Wassers erhitzt wird. Von allen starren Körpern dehnen sich bei gleicher Temperaturerhöhung die Metalle am meisten aus und von diesen im höchsten Grade das Zink. Die Ausdehnung nicht metallischer fester Körper betrachtet man meist als so gering, daß sie für die praktische Anwendung keine Beachtung verdienen.

Beispiele von dieser ausdehnenden Kraft der Wärme und zusammenziehender Kraft der Kälte sind in Menge anzuführen. Ein Glasstöpsel, welcher sich unter gewöhnlichen Umständen nur mit Mühe in die Oeffnung

einer Flasche bringen läßt, geht, wenn man den Hals der Flasche gut erwärmt, leicht hinein, bleibt aber dann so fest darin stecken, daß es schwer hält, die Flasche zu öffnen, wenn sie wieder kalt geworden ist. Ein Glas zerspringt, wenn es plötzlich mit recht heißem Wasser angefüllt wird, weil sämmtliche Theile des Glases, welche an der erhitzten inneren Fläche liegen, sich schneller aus einander drängen als die übrigen Zeit gewinnen können, an der Ausdehnung gleichmäßigen Antheil zu nehmen. Wäre das Glas nicht so spröde, so würden die inneren Wände, wie unter denselben Umständen bei Gefäßen aus vielen anderen Stoffen, nur eine kleine Beugung erleiden; da dem aber nicht so ist, so erfolgt ein gewaltiges Zersprengen der einen Theile durch die ausgedehnten anderen, was durch ein allmähliges Erwärmen des Glases verhindert werden kann. Der Ring, welchen der Schmidt um einen Staab heiß aufpaßt, schließt nach dem Erkalten ganz fest an. Das Anschwellen unserer Adern und das Verschwellen der Ringe am Finger erklärt sich gleichfalls durch die mittelst der Wärme bewirkten stärkeren Ausdehnung der in unserem Körper eingeschlossenen Flüssigkeiten. Bringt man fest zugepfropfte Weinflaschen von einem kalten Zimmer in ein warmes, so werden nicht selten durch die Ausdehnung der in ihnen eingeschlossenen Luft die Korke aus dem Halse der Flasche fortgeschleudert. Wirft man Kastanien in heiße Asche oder in die erhitzte Bratröhre, ohne ihre Schaale aufzuschlitzen, so wird die von derselben eingeschlossene Luft beträchtlich ausgedehnt und durch sie das mit einem Knalle verbundene Zerplatzen der Schaale verursacht.

Eine scheinbare Ausnahme von dem angeführten allgemeinen Gesetze der Wärme scheint auf der einen Seite der Thon, das Holz, das Obst zu machen, welche sich durch die Hitze zusammen ziehen und einen kleineren Raum einnehmen, auf der andern Seite das Wasser, welches, indem es gefriert, sich merklich ausdehnt und sein Volumen vergrößert. Erstere Erscheinung gründet sich darauf, daß eine Menge flüssiger Bestandtheile, die das Holz, der Thon, das Obst in seinen Poren enthielt, durch die Wärme ausgetrieben wurde und die Körpertheilchen dadurch Gelegenheit fanden, sich in den leer gewordenen Zwischenräumen auszudehnen und einander näher zu rücken, und letztere Erscheinung wird dadurch erklärt, daß die Wassertheile, ehe sie gefriern, sich erst in Form von Kristallen ordnen müssen, wozu sie einen größeren Raum bedürfen. Beim Gefrieren der Fensterscheiben, deren dünne Wasserschicht sich leicht mit großer Regelmäßigkeit in Kristalle bildet, sehen wir die Eisbildung am leichtesten vor sich gehen. Es schießen einzelne Eisnadeln an und an diese fügen

sich in bestimmten Richtungen wieder andere Nadeln, die gewöhnlich sehr schnell zunehmen und sich zur regelmäßigen Bildung von Kristallen vereinigen, wobei sich eine bestimmte Anordnung der einzelnen Blätter oder Strahlen zeigt. Damit ist aber nothwendig eine Vergrößerung des Volumens des erstarrten Körpers unvermeidlich, da die frühere innige Berührung der kleinsten Theilchen in den auf einander liegenden Flächen der Blätter aufgehoben ist, sei es nun, daß diese durch einen leeren Raum, durch Luft oder Kristallisationswasser von einander getrennt sind, was hier nichts ausmacht. Durch sorgfältige Beobachtungen hat man übrigens herausgebracht, daß das Wasser in Gefäßen erst dann zum Gefrieren kommt, nachdem es sich mehr Raum gemacht hat und ungefroren bleibt, wenn die Festigkeit des Körpers kein Zersprengen gestattet.

Hat der Thon durch öfteres Erhitzen oder beim Brennen in der Glühhitze alle wässrigen Bestandtheile verloren, so folgt er der allgemeinen Regel der Ausdehnung durch die Wärme, was man nicht selten bei lang gebrauchten thönernen Hochöfen durch das Zerreißen der eisernen Reife, mit welchen sie umgeben sind, beobachtet. Hart gebrannte Töpfe dehnen sich durch Wärme aus und in sehr großer springt das Porzellan. Hohe Thürme erhalten durch den Einfluß der Sonnenhitze einseitige Beugungen. Die Kraft, mit welcher sich ein fester Körper durch Erwärmung ausdehnt, beträgt eben so viel Pfunde, als man ihm anhängen müßte, um eine gleiche Vergrößerung seines räumlichen Inhalts zu bewerkstelligen, und die Kraft, mit welcher sich derselbe durch Abkühlung zusammen zieht, ist der Anzahl Pfunde gleich zu achten, welche man auf ihn legen müßte, um eine gleiche Verringerung seines räumlichen Inhalts hervor zu bringen. Daraus ist leicht ersichtlich, mit welch' großer Gewalt die festen Körper ihr Volumen durch Erwärmung vergrößern und durch Abkühlung verkleinern, und wie man auf die eine oder die andere Weise im Stande ist, von dieser großen Kraft Gebrauch zu machen.

So werden eiserne Stangen, welche ein Gitter bilden und an beiden Enden befestigt sind, für deren Verlängerung also kein Spielraum vorhanden ist, durch große Sonnenhitze verbogen und können selbst zerbrechen, und straff angezogene, im Sommer verfertigte Ketten, welche zwei Steine mit einander verbinden, reißen nicht selten entzwei oder verrücken die Steine, wenn große Kälte eintritt.

Nicht weniger groß als bei den festen Körpern ist die Kraft der Ausdehnung bei den flüssigen Körpern und zwar sowohl durch die Wärme als auch beim Wasser durch die Kälte. Man schließt aber auf die große

Kraft der Ausdehnung durch die Wärme daraus, daß es erst neuerer Zeit durch Anwendung eines ungeheuren, mechanischen Druckes gelungen ist, Wasser und andere Flüssigkeiten zusammen zu drücken, d. h. auf einen kleineren körperlichen Inhalt zurück zu führen. Bedenket man nun, daß diese Kraft, in Pfunden ausgedrückt, gerade so groß ist als die Kraft, mit welcher sich die Flüssigkeit durch Erwärmung ausdehnt, so ergibt sich hieraus die fast unwiderstehliche Gewalt, mit welcher dieß geschieht. Die große Gewalt des erstarrenden Wassers ist aber längst bekannt. Gefrierendes Wasser hebt das Steinpflaster und den Schleusenboden, wenn es den Weg unter denselben findet, spaltet bei großer Kälte Rinde und Holz alter Bäume mit großem Knalle und vermag selbst mächtige Felsmassen, in deren Spalten und Ritzen es eingedrungen ist, zu zersprengen. So wurde bei einem angestellten Versuche eine hohle eiserne Kugel, die eine innere größte Weite oder einen inneren Durchmesser von 15 Zoll und eine Eisenstärke von 3 Zoll hatte, vom Eise zersprengt, wozu wenigstens eine Kraft von mehr denn 2 Millionen Pfund erforderlich war. Bei einem anderen Versuche, wo gleichfalls durch die Kraft des gefrierenden Wassers eine Bombe von 12 Zoll Durchmesser und 2 Zoll Wanddicke zersprengt wurde, ist ein 2½ Pfund schwerer, eingetriebener, metallener Stöpsel nicht weniger als 62 Fuß weit von der Bombe weggeschleudert worden. Uebrigens ist die Größe der Ausdehnung verschieden, je nachdem das Eis mehr oder weniger blasig oder klar und durchsichtig ist. Die Kälte, in welcher das Eis seine enorme Kraft ausübt, muß nicht eben sehr groß seyn und dabei wird keine gänzliche Erstarrung des gesammten Wassers erfordert. Auch die Kraft der Ausdehnung der Gasarten und Dämpfe mittelst der Wärme ist sehr bedeutend, wie wir später, besonders bei näherer Betrachtung der so nützlichen und erfolgreichen Wirkungen der Dampfmaschinen, näher erfahren werden. Selbst die Erderschütterungen und die Ausbrüche der Vulkane scheinen auf derselben Ursache, nämlich der Ausdehnung der elastischen Flüssigkeiten, zu beruhen, so wie nicht minder die zerstörenden Wirkungeu der sogenannten schlagenden Wetter in den Bergwerken. Kommt man nämlich mit einem Lichte in einen mit Grubengase angefüllten Schacht, so entzündet sich das Gas, wird dadurch bedeutend erwärmt und dehnt sich mit solcher Gewalt aus, daß es unwiderstehlich Alles zu Boden schmettert, was sich in seinem Bereiche vorfindet.

Auf der Erfahrung, daß die Wärme den Rauminhalt der Körper ändert und daß man also aus der Aenderung dieses auf eine Aenderung

der Wärme des Körpers oder auf seine Temperatur schließen könne, beruhen die sogenannnten Thermoskope oder Wärmezeiger und Thermometer oder Wärmemesser, die wir nun näher kennen lernen wollen.

Unser Gefühl lehrt uns zunächst die Ungleichheit der Temperatur der Körper kennen, indem der eine sich kälter, der andere wärmer anfühlt. Allein abgesehen davon, daß selbst im vollkommen gesunden Zustande das Gefühl täuscht und z. B. die Keller im Sommer kühl und im Winter warm uns erscheinen, während ihre Temperatur das ganze Jahr hindurch fast dieselbe bleibt und, wenn sie eine Aenderung erfährt, im Winter niedriger ist als im Sommer; daß uns ferner ein und dasselbe Wasser verschieden warm erscheint, je nachdem wir einen gewöhnlich bedeckten oder unbedeckten Theil des Körpers hinein tauchen, und daß das Wasser der Springbrunnen, welches stets dieselbe Temperatur hat, uns im Winter wärmer als im Sommer zu seyn scheint, so findet man jedoch in unserem Gefühle kein Mittel zur genaueren Abmessung der Ungleichheiten der fühlbaren Wärme der Körper. Ein solches Mittel bietet sich uns nun, wie gesagt, in der Ausdehnung der Körper durch die Wärme dar, und da diese für alle Körper in den verschiedenen Aggregatszuständen statt findet so kann man auch Körper jeder Art zu Thermoskopen und Thermometern benützen. Allein gewöhnlich wählt man die flüssigen hiezu, einmal weil sie sich doch in merklicherem Grade ausdehnen als die festen und in nicht so hohem Grade als die ausdehnsamen und dann, weil man ihre Ausdehnung durch eine passend gewählte Form der Gefäße leichter bemerkbar machen kann. Nehmen wir nämlich an, was die Erfahrung als wichtig zeigt, daß Glasgefäße ihren inneren Raum bei der Erwärmung nur sehr wenig vergrößern, so wird eine hohle Glaskugel, die mit einer engen Röhre verbunden ist, der bei niedriger Temperatur sie ganz erfüllenden Flüssigkeit nicht mehr Raum geben, wenn eine Erwärmung statt hat, sondern die Flüssigkeit wird dann in die Röhre hinein treten und man wird ihre Ausdehnung in der engen Röhre sehr bequem wahrnehmen können. Letzteres würde um so mehr der Fall seyn, je größer der Durchmesser der Kugel und je kleiner der Durchmesser der Röhre wäre; allein da hier die Kugel sich verhältnißmäßig viel mehr ausdehnte, als die Röhre, so würden gleichen Ausdehnungen der Flüssigkeit in der Kugel nicht gleich höhere Stände der Flüssigkeit in der Röhre entsprechen und so die Vorrichtung ihren Zweck nicht erfüllen. Man wählt daher die Kugel nicht gar groß, so daß ihr Durchmesser etwa einen halben Zoll beträgt und der der Röhre etwa den zwölften Theil eines Zolls.

Um aber nun eine richtige Abmessung der Wärme an die Ausdehnung der Körper anzuknüpfen, drängt sich vor Allem die Beantwortung folgender zwei Fragen auf: 1) Ist es möglich, ein gewisses Maaß der Wärme unter bestimmten Umständen immer gleich zu erhalten, und 2) ist die Ausdehnung der Körper, auch nach wiederhohlten Veränderungen, bei gleicher Wärme stets dieselbe?

Der Versuch mit einer in einer Glaskugel sammt Röhre befindlichen Flüssigkeit gab auf beide Fragen zugleich Antwort. Brachte man die Kugel mit der Röhre in Schnee, der bei anfangendem Aufthauen schon mit Wasser durchzogen war, so kam die Flüssigkeit, gleich viel, welche es war und wie oft man auch, nach willkührlich veranlaßten Wechseln von Wärme, das Eintauchen in solchem Schnee wiederhohlte, stets auf denselben Stand zurück, so daß man es also stets mit ein und derselben Temperatur zu thun hatte, und dann führte die weitere Beobachtung bei dem Versuche, daß das, was sich bei einem solchen bestimmten Wärmegrad zeigt, man auch bei mehreren wahrnimmt, zur Beantwortung der zweiten Frage und zur Ueberzeugung, daß gleicher Wärme auch stets ein gleicher Grad von Ausdehnung eines bestimmten Körpers entspricht.

Machen wir uns nun mit der Fertigung eines solchen Instrumentes, das wir einen Wärmemesser oder ein Thermometer nennen und das sich so brauchbar und unentbehrlich zeigt, daß es selbst in die Wohnungen der Landleute Eingang gefunden hat, näher bekannt.

Vor Allem muß man darauf sehen, eine gut calibrirte Röhre, d. h. eine solche, die überall gleich weit ist, zu bekommen. Um sich aber zu überzeugen, ob die Röhre diese Eigenschaft hat, bringt man in sie einen mäßigen Tropfen Quecksilber, läßt denselben allmählig die ganze Röhre durchlaufen und mißt nach einem jedesmaligen Fortrücken desselben, ob er stets eine gleiche Länge der Röhre einnimmt. Ergibt sich nun, daß dieß überall der Fall ist, so eignet sich die Röhre sehr wohl zu einem Thermometer; wo nicht, so legt man sie als unbrauchbar zur Seite und wählt eine andere.

Hat man auf diese Weise eine gut calibrirte Röhre ausgesucht, so macht man mittelst der Schmelzlampe ihr eines Ende flüssig, knetet mit einem gut erwärmten eisernen oder kupfernen Stäbchen das geschmolzene Glas, rundet es knopfförmig zu und bläst zuletzt in das offene Ende der Röhre vorsichtig hinein und dehnt so jenes andere zu einer Kugel aus. Das Thermometergefäß wäre auf diese Weise gefertigt und es handelt sich nun weiters darum, dasselbe mit einer Flüssigkeit zum größten Theile anzufüllen.

Als Flüssigkeit wählt man hiezu aus Gründen, die wir sogleich hören werden, das Quecksilber. Wollte man nun mit diesem die Kugel so anfüllen, daß man das Quecksilber in die Röhre hineinfließend machte, indem etwa an die Spitze der Röhre ein kleiner Trichter aus Papier befestigt und mit Quecksilber angefüllt würde, so würde dieß vergebliche Mühe seyn. Die ersten in die Röhre hineintretenden Quecksilbertropfen verschließen der in der Kugel und Röhre befindlichen Luft den Ausgang und diese verwehrt deßhalb dem Quecksilber den weiteren Zutritt. Man erhitzt vielmehr Röhre und Kugel über einer Spirituslampe und taucht jene mit ihrer Spitze erst dann, wenn beide gut warm geworden sind und die in ihnen enthaltene Luft eine beträchtliche Verdünnung erlangt hat, in ein mit reinem Quecksilber angefülltes Gefäß. Mit dem allmähligen Erkalten des Glases und der in ihm enthaltenen Luft steigt nun das Quecksilber in der Röhre bis zur Kugel hin und füllt diese mehr oder weniger an. Ist die Kugel, so wie ein Theil der Röhre noch nicht damit erfüllt, so erwärmt man die ganze Vorrichtung mit dem Quecksilber abermals und gelangt so zu dem gewünschten Resultate. Schließlich schmelzt man noch die Röhre zu, welches in dem Augenblicke geschieht, wo das vermöge der gelinden Hitze eines Kohlenfeuers sich ausdehnende Quecksilber die Röhre verlassen will.

Das also gefertigte Instrument ist nun geeignet, genau anzugeben, welcher von zwei oder mehreren, der Prüfung unterstellten Körpern die niedrigste und höchste Temperatur hat; allein dadurch würde es für uns immer vom geringen Nutzen seyn. Wir müssen vielmehr Bedacht darauf nehmen, es als Maaßstaab für Temperaturen, die man zu untersuchen hat, überhaupt zu gebrauchen, was man erreicht, wenn man zwei feste Punkte, bis zu denen das Quecksilber unter gewissen Umständen zu steigen oder zu fallen pflegt, als sogenannte Fundamentalpunkte auf der Röhre bezeichnet und die Entfernung dieser in mehrere, gleiche Theile theilt.

Als solche Punkte beständig gleicher Wärme nimmt man den Gefrierpunkt und den Siedepunkt des reinen Wassers an, und findet ersteren an der Stelle der Röhre, bis zu welcher sich das Quecksilber zusammen zieht, wenn man die Kugel mit der Röhre in aufthauenden Schnee oder in schmelzendes Eis bringt, und letzteren an der Stelle, bis zu welcher sich das Quecksilber in der Röhre ausdehnt, wenn man reines Wasser in einem offenen Gefäße mit langem Halse, das die Röhre mit der Kugel in sich aufgenommen enthält, zum Sieden bringt. Den zwischen dem Gefrier- und Siedepunkt befindlichen Zwischenraum, den sogenannten Fundamentalabstand des Thermometers, theilt man nun bald in mehr, bald in weniger gleiche

Theile, Grade genannt, und gibt sowohl dem ober dem Siedpunkt als unter dem Gefrierpunkte befindlichen Theil der Röhre eben so große Theile, als die Fundamentalentfernung enthält. So theilte Reaumur, dessen Anordnung wir auf unseren Thermometern gewöhnlich befolgt sehen, diesen Fundamentalabstand in 80 gleiche Theile ein, der schwedische Naturforscher Celsius in 100, Fahrenheit in Danzig in 180 und de l'Isle in Petersburg in 150 gleiche Theile. Reaumur und Celsius zählen die Grade vom Gefrierpunkte an, so daß sie letzteren mit 0 und den Siedepunkt des Wassers mit 80 und 100 bezeichnen, übrigens auch den Graden zwischen beiden Punkten das Zeichen + als Wärmegraden und den unter dem Gefrierpunkt liegenden das Zeichen — als Kältegraden geben; de l'Isle hingegen bezeichnet den Siedpunkt mit 0 und setzt an den Eispunkt 150, und zählt von da aus nach Unten weiter fort, so daß bei ihm von keinen Temperaturgraden mit dem Zeichen — die Rede ist. Fahrenheit, ein berühmter Thermometer-Verfertiger aus der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, nahm nicht den natürlichen Gefrierpunkt des Wassers als festen Punkt an, sondern einen anderen, den sogenannten künstlichen Gefrierpunkt, welchen er erhielt, wenn er sein Instrument in eine kaltmachende Mischung von Schnee und Salmiak brachte. Die Fundamentalentfernung, d. i. die Entfernung des natürlichen Gefrierpunktes vom Siedepunkte, theilte er in 180 gleiche Theile ein und bekam so seinen künstlichen Gefrierpunkt 32 solcher Theile unter dem natürlichen. Da er nun diesen mit 0 bezeichnet, so befindet sich am natürlichen die Zahl 32 und am Siedepunkt des Wassers 212 und zwar beide mit dem Zeichen +, denn erst die Grade unter dem künstlichen Gefrierpunkte erhalten das Zeichen —.

Die de l'Isle'sche Eintheilung ist die am wenigsten gebräuchliche und nur zum Theil in Rußland eingeführt; nach der Fahrenheitschen rechnen die Engländer und Nordamerikaner; der Skale des Celsius bedient man sich in Frankreich und in wissenschaftlichen Schriften und Vorträgen, und der des Reaumur fast durchgängig in Deutschland. Aus der Verschiedenheit dieser Eintheilungen ist ersichtlich, wie nothwendig es ist, bei der Angabe irgend einer Temperaturbestimmung zu wissen, nach welcher Skale dieselbe gemacht ist und wie sie in die einer anderen leicht verwandelt werden kann. Obgleich diese Verwandlung, welche sich darauf gründet, daß ein und dieselbe Fundamentalentfernung bald 80, bald 100, bald 150 und bald 180 gleiche Theile enthält, sehr leicht ist, so wollen wir doch die Verwandlung der übrigen drei Skalen in die bei uns übliche Reaumursche, wozu wir am häufigsten Veranlassung haben, kurz durchnehmen.

Am Einfachsten ergibt sich die Verwandlung der Celsiusschen, auch Centesimal = Skale genannt, in die Reaumursche nach einem einfachen Regeldetri = Ansatz. Gesetzt es seien $+ 36^0$ C in R^0 zu verwandeln, so findet man die entsprechenden x Grade in R also:

$$100 : 80 = 36 : x, \text{ oder}$$
$$5 : 4 = 36 : x$$
$$x = \frac{4.\ 36}{5} = + 28\tfrac{4}{5}{}^0\ R.$$

Aus diesem Verfahren ergibt sich einfach die Regel: hat man eine beliebige Anzahl sowohl mit dem Zeichen + als — versehener Grade der C Skale in die R Skale zu verwandeln, so braucht man diese Anzahl nur mit $^4/_5$ zu multipliziren und erhält so die verlangten Grade der R Skale mit dem entsprechenden Zeichen.

Ist eine gewisse Anzahl von Graden der de l'Isleschen Skale in R zu verwandeln, so bestimme man zuerst, um wie viel Grade dieser Skale das Quecksilber ober = oder unterhalb des natürlichen Gefrierpunktes steht, welches man dadurch findet, daß man die gegebene Zahl der Grade, wenn sie kleiner als 150 ist, von 150 abzieht, oder wenn sie größer als 150 ist, daß man alsdann 150 von ihr abzieht. Diese also gefundene Zahl der de l'Isleschen Skale verwandelt man in solche der R Skale, wenn man sie mit $^8/_{15}$ multiplizirt und der neuen Zahl im ersteren Falle das Zeichen +, im zweiten das Zeichen — gibt. Was machen z. B. 80^0 J in R? Hier habe ich $150 - 80 = 70^0$ der J Skale in R^0 zu verwandeln und diese geben $+ \, ^8/_{15}.\ 70^0\ R = + 37^1/_3{}^0$ R. Was machen aber 210^0 J in R aus? In diesem Falle sind $210 - 150 = 60^0$ J in R zu verwandeln, welche nach obiger Regel geben $- \, ^8/_{15}.\ 60 = - 32^0$ R.

In den Zeitungsberichten finden wir öfters die Temperatur nach der Fahrenheitschen Skale angegeben und es fragt sich nun, wie man eine gegebene Anzahl dieser Grade in die der R verwandelt? Wie im vorigen Falle bestimmt man wieder vorerst, um wie viel Grade dieser Skale das Quecksilber ober = oder unterhalb des natürlichen Gefrierpunktes steht. Dieß findet man bei + Graden, deren Zahl größer als 32 ist, wenn man 32 davon abzieht, oder wenn ihre Anzahl kleiner ist, wenn man sie von 32 abzieht. Den erhaltenen Rest multiplizirt man in beiden Fällen mit $^4/_9$ und erhält so im ersten Falle die entsprechende Anzahl +, im zweiten — Grade der R Skale. Bei der Angabe der — Grade der Fahrenheitschen Skale zählt man zur gegebenen Zahl noch 32 hinzu, multiplizirt diese Summe mit $^4/_9$ und erhält so die gesuchte Anzahl — Grade in R.

Was geben $+ 75^0$ F in R? Hier sind $75 - 32 = 43^0$ F in R

zu verwandeln, was geschieht wenn man 43 mit $^4/_9$ multiplizirt. Man erhält + $19^1/_9$° R.

Was machen + 8° F in R? Das Quecksilber steht im gegebenen Falle 32 — 8 = 24° F unter dem natürlichen Gefrierpunkt. Diese Anzahl F° gibt $\frac{24.4}{9}$ = — $10^2/_3$° R.

Was machen endlich — 13° F in R. Das Quecksilber steht 32 + 13 = 45° F unter dem natürlichen Gefrierpunkt. Diese 45° F geben nun $\frac{45.4}{9}$ = — 20° R.

Aus Fig. 1. läßt sich die Verwandlung der einen Skale in die andere von 10 zu 10 Graden der Celsiusschen Skale ersehen.

Die tropfbar flüssigen Körper, bemerkten wir weiter oben, eignen sich zu Wärmemessern vor allen am besten, und es fragt sich nun weiter, was uns denn bestimmte, gerade das Quecksilber unter diesen hiezu auszuwählen, und ob es nicht Thermometer gibt, die statt des Quecksilbers andere Flüssigkeiten enthalten?

Das Quecksilber und zwar das durch Auskochen von allen ihm anhängenden Luftblasen befreite Quecksilber eignet sich vor allen Flüssigkeiten besonders deßhalb zur Wärmebestimmung, weil es 1) überaus empfänglich für die Wärme und Kälte ist und sich daher schnell die Temperatur seiner Umgebung aneignet, 2) es erst in einer Kälte, die auf der Erdoberfläche nur selten vorkommt, nämlich erst bei — 32° R gefriert und erst bei + 285° R siedet, 3) das Quecksilber unter allen Flüssigkeiten stets ganz rein und stets von gleicher Beschaffenheit dargestellt werden kann und 4) weil dasselbe sich, wenigstens vom Gefrier- bis zum Siedepunkte hin, sehr regelmäßig und gleichförmig ausdehnt, so daß gleichen Unterschieden der Wärme auch gleiche Ausdehnungen in der Röhre entsprechen, z. B. bei einer Erhöhung der Temperatur von 15° auf 20° das Quecksilber in einer gut calibrirten Röhre gerade eben so hoch steigt, als bei der Erhöhung von 65° auf 70°. Daß letztere Eigenschaft nicht allen flüssigen Körpern überhaupt zukommt, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man Wasser, Weingeist, Oel, Quecksilber und andere Flüssigkeiten in solche mit einer Kugel versehene Röhren, die wir Thermometerröhren nennen wollen, füllt, diese zuerst in gefrierendes Wasser bringt und sich die Punkte bemerkt, bis zu welchen sich die Flüssigkeiten zusammen gezogen haben. Bestimmt man nun in siedendem Wasser die Punkte, bis zu welchen sich die Flüssigkeiten in den Röhren ausdehnen, so sollte man glauben, beim allmähligen Erkalten in diesem Wasser würden die sich zusammenziehenden Flüssigkeiten gleichmäßig sinken und gleichzeitig den halben Raum, drei Viertel des Raums

u. s. w. zurücklaufen; allein dem ist nicht also und das Wasser hat z. B. die Fundamentalentfernung schon zur Hälfte durchlaufen, wenn das Quecksilber erst wenig über den vierten Theil zurückgelegt hat.

Das reine Wasser beobachtet überhaupt unter allen bekannten Flüssigkeiten den seltsamsten Gang in der Ausdehnung und eignet sich sowohl deßhalb, als wegen der geringen Kälte, bei der es gefriert, am wenigsten zur Füllung der Thermometerröhren. Bei einer nur wenig die Thauwärme übertreffenden Temperatur zieht es sich schon zusammen, bei + 3° **R** hat es sich am stärksten zusammengezogen und ist am dichtesten und schwersten, und erst dann dehnt es sich bei wachsender Wärme langsam, nach und nach aber bei gleicher Zunahme der Wärme immer mehr aus. Daher ist wohl auch das Wasser nie zu Thermometern verwendet worden, wie dieß mit anderen Flüssigkeiten, die weniger ungleichförmig sich ausdehnen, geschah und noch geschieht. Reaumur, nach dessen Eintheilung wir rechnen, gab dem Weingeiste vor dem Quecksilber den Vorzug, wieder andere Physiker dem Steinöle und anderen Flüssigkeiten. Das Weingeistthermometer ist auch noch jetzt im Gebrauch und muß nothwendig dann in Anwendung kommen, wenn man es mit niedrigeren Temperaturen als — **32° R**, bei welcher das Quecksilber gefriert, zu thun hat. Den Mangel der ungleichförmigen Ausdehnung des Weingeistes sucht man dadurch zu heben, daß man die Gradeintheilung des Weingeistthermometers nach einem guten Quecksilberthermometer vornimmt, und dann hat das Weingeistthermometer vor diesem den Vorzug, daß, wenn man die Veränderung in Hinsicht der Ausdehnung des Weingeistes auch noch unter dem Gefrierpunkt des Quecksilbers, also unter — **32° R**, als gleichmäßig fortdauernd ansieht, man Temperaturen bis nahe — **80° R** damit bestimmen kann. Zur Messung nur etwas hoher Temperaturen paßt dagegen das Weingeistthermometer keineswegs, weil der Weingeist schon bei + **63° R** siedet, wohl aber noch zu einer anderen Bestimmung der Temperatur, wie wir sogleich hören werden in der Angabe des Verfahrens, dessen man sich bedient zur Anzeige des höchsten und niedrigsten Thermometerstandes während einer gewissen Zeit, in der man keine Thermometerbeobachtungen machen konnte.

Auf einem wagerechten Brettchen sind in der Lage, wie sie **Fig. 2.** zeigt, zwei Thermometer angebracht, von denen das obere mit Weingeist, das untere mit Quecksilber gefüllt ist. In der Röhre des Weingeistthermometers befindet sich ein kleines Glasstäbchen ab, das sich frei darin bewegen kann und in der Röhre des Quecksilberthermometers auf

gleiche Weise ein kleines Stahlstäbchen cd. Beide Stäbchen berühren die Oberflächen ihrer Flüssigkeiten. Nun hängt sich aber der Weingeist an das Glasstäbchen in dem Maaße an, daß er es bei seiner Zusammenziehung durch die Kälte nicht trocken liegen läßt, sondern das Stäbchen mit bis an die Stelle zurückzieht, bis zu welcher er sich vermöge der Abkühlung zusammen gezogen hat. Fängt dagegen der Weingeist an, sich auszudehnen, so bleibt das auf allen Seiten von der Flüssigkeit umgebene Glasstäbchen liegen und bezeichnet so den niedrigsten Stand der Temperatur, welche während einer bestimmten Zeit statt hatte. Das Quecksilber schmiegt sich an das Stahlstäbchen keineswegs an, wie der Weingeist an das Glas und daher wird das Stäbchen von dem durch die Wärme sich ausdehnenden Quecksilber zwar in der Röhre fortgeschoben, nicht aber beim Zusammenziehen des Quecksilbers mit zurückgenommen; seine Stelle in der Röhre gibt den Stand des Quecksilbers für die größte Wärme an, welche während einer gewissen Zeit eintrat. Will man die kleinen Stäbchen wieder an ihren Ort, auf die Oberfläche der beiden Flüssigkeiten, bringen, so hat man nur das Brettchen bei **M** etwas zu erheben und eine kleine Erschütterung zu verursachen und das Verlangte ist geschehen.

Außer den Flüssigkeiten hat man nun auch, wie bereits schon erwähnt, die festen sowohl, als die luftförmigen Körper zur Bestimmung des Maaßes der Wärme angewendet, zumal wenn es galt, hohe Temperatur zu messen, die selbst über den Siedepunkt des Quecksilbers, also über 285^0 **R**, hinaus lagen.

Die Metallthermometer sind entweder Metallstangen, die durch ihre Verlängerungen Zunahme und durch ihre Verkürzungen Abnahme der Wärme anzeigen, oder sie sind aus mehreren, durch gleiche Grade der Wärme sich ungleich stark ausdehnenden Metallen zusammen gesetzte und schraubenförmig gewundene Streifen, die sich auf- und zudrehen, je nachdem die Wärme zu- oder abnimmt. Im ersteren Falle befestigt man **Fig. 3.** die Mettallstange **ab** an dem einen Ende **a** unverrückbar fest und läßt das andere Ende **b** an den kürzeren Arm **cg** eines Winkelhebels anstossen, dessen anderer, viel längerer Arm **cd** als Zeiger an dem eingetheilten Kreisbogen **mn** dient. Zur Bestimmung der Ausdehnung verschiedener Metalle vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte des Wassers umgibt man die Metallstange mit einer Röhre, die man einmal mit klein gestossenem Eis, das andere mal mit kochendem Wasser erfüllt, und auf diese Weise fand man durch sehr genau angestellte Versuche und mit Instrumenten, bei denen man hauptsächlich darauf sah, daß die Widerlage **ef** unverrückt

blieb und bei der Erwärmung der Stange das Gestell sowohl, als das Räderwerk und seine Theile sich nicht mit erwärmten und ausdehnten, daß, wenn man die Länge aller genannten Körper in 100000 gleiche Theile eintheilte, von der Temperatur des schmelzenden Eises bis zur Hitze des siedenden Wassers das Glas sich um 83 solcher Theile ausdehnte, Gold um 94, Stahl 122, Eisen 125, Kupfer 179, Silber 189, Messing 193, Zinn 248, Blei 586, Quecksilber 1850, Wasser 4517, Leinöl 7200, Weingeist selbst um 8700 solcher Theile. Dabei dehnen sich die festen Körper alle innerhalb dieser Temperaturgrenze regelmäßig aus, d. h. ihre Ausdehnung steht mit der Zunahme der Temperatur im Verhältniß und wenn eine eiserne Stange von 3° bis 80° R sich um 2 Linien ausdehnt, so dehnt sie sich von 3° bis 40° R nur um eine Linie aus. Da das Glas sich durch die Wärme am wenigsten stark ausdehnt, so geht daraus hervor, daß man bei diesen Versuchen sich gläserner Stäbe zur Befestigung und Unterstützung der Stangen bediente.

Im zweiten Falle verbindet man bei einem gewissen Wärmegrad zwei Metallstreifen, von denen man weiß, daß sie sich bei gleicher Zu- oder Abnahme der Temperatur ungleich ausdehnen und zusammen ziehen, fest mit einander. Was wird nun erfolgen? Gesetzt der eine Streifen bestehe aus Blei und der andere aus Messing und beide bildeten bei + 15° R Wärme eine ebene Fläche; steigt nun die Temperatur oder fällt sie, so krümmen sich jedenfalls beide Streifen und zwar bei zunehmender Temperatur so, daß der Bleistreifen, der sich stärker als der Messingstreifen ausdehnt, nach Außen zu liegen kommt und bei abnehmender der Messingstreifen, da das Blei sich stärker als das Messing zusammenzieht. Diese Erscheinung hat nun gleichfalls zur Verfertigung von Metallthermometern Veranlassung gegeben, und das des berühmten Mechanikers Breguet ist wohl das empfindlichste aller dieser Instrumente. Das überaus feine und schmale Spiralband ab Fig. 4. wird aus drei über einander gelegten Metallschichten, nämlich aus Silber, Gold und Platina gefertigt, ist oben bei a an ein Stück Messing befestigt, hängt übrigens ganz frei herab und trägt an seinem unteren Ende eine horizontale, sehr leichte, mit ihrer Spitze c einen eingetheilten Kreis durchlaufende Nadel bc. Der Streifen aus Gold, welcher die Mitte der drei Metalle einnimmt, dient blos zum Zusammenlöthen der zwei anderen Streifen. Da nun Silber und Platina sich ungleich ausdehnen, so wird sich die Spirale auf- und in einander ziehen und dadurch eine Bewegung der mit ihr verbundenen Nadel sowohl bei zu- als abnehmender Wärme nothwendigerweise verursachen, deren Größe

und mit ihr die Zu- und Abnahme der Temperatur auf der nach einem empfindlichen Quecksilberthermometer in gleiche Grade abgetheilten Scheibe abgelesen werden kann.

Zur Bestimmung sehr hoher Grade von Hitze, wie in den Brennöfen, den Steingut- und Porzellanfabriken, in Glockengießereien und ähnlichen Werkstätten bediente man sich früher gleichfalls eines festen Körpers, nämlich des Thons, von dessen Eigenschaft, sich in großer Hitze zusammen zu ziehen oder zu schwinden, ohne sich nach dem Erkalten wieder auszudehnen, wir im Vorhergehenden schon gesprochen haben. Der durch die Vervollkommnung der Steingutbereitung, so wie durch die Erfindung der schönen, nach ihm benannten Geschirre berühmte englische Fabrikbesitzer Wedgewood verfertigte zuerst ein solches Instrument, Feuer- oder Glutmesser, Pyrometer genannt und gab ihm folgende Einrichtung. Auf eine Metallplatte ab befestigte er zwei messingene, etwa 1½ bis 2 Fuß lange, vierkantige, messingene Stäbe, cd, ef Fig. 5. so daß sie am obern Ende ½ Zoll, an dem andern um $^3/_{10}$ Zoll von einander abstanden, und theilte ihre Länge cd in 240 gleiche Theile ein. Nun fertigte er aus Thon kleine Würfel von solcher Größe, daß sie bei der Rothglühhitze des Eisens, oder wenn er sie auf einem gewöhnlichen, so eben in die Rothglühhitze übergehenden Eisenblech getrocknet hatte, gerade noch ½ Zoll Seitenlänge hatten. Diese setzte er der Hitze, deren Größe gemessen werden sollte, aus und brachte sie dann zwischen die messingenen Stäbe. Je weiter sie sich hineinschieben ließen, einer desto größeren Hitze mußten sie ausgesetzt gewesen seyn, deren Größe in Graden man ausgedrückt findet, wenn man hört, daß dem Nullpunkte der Skale die Rothglühhitze des Eisens d. i. $+ 464^0$ R entspricht und daß nach Wedgewoods Angabe jeder Grad seines Pyrometers $= + 58^0$ R ist. Hat sich z. B. ein solcher Würfel bis auf den 50ten Grad des Pyrometers einschieben lassen, so mußte er einer Hitze von $464 + 50. \; 58 = 3364^0$ R ausgesetzt gewesen seyn.

Die Resultate dieses Pyrometers sind jedoch bald als so ungenau und unzuverlässig erkannt worden, zumal da auch der Thon einer gelinden Hitze lange ausgesetzt sich eben so stark zusammen zieht, als wenn er in einer starken Hitze nur kurze Zeit befindlich gewesen wäre, daß es schon lange nicht mehr im Gebrauch ist. Nichts desto weniger leiden auch andere Vorrichtungen zur Bestimmung hoher Wärmegrade, die seitdem erfunden wurden, mehr oder weniger an Genauigkeit, so daß die Pyrometer noch viel zu wünschen übrig lassen.

Das vom Prinsep vorgeschlagene Verfahren scheint noch die größte

Genauigkeit zu gewähren. Da der Erfahrung gemäß eine Mischung aus Metallen, Legirung genannt, die bei verschiedenen Temperaturen flüssig werden, um so strengflüssiger ist, je mehr sie von dem schwerer schmelzbaren Metalle aufgenommen hat, so hat man sich nur eine gewisse Anzahl solcher verschiedenartiger Legirungen, besonders zweier Metalle zu verschaffen, von denen stets eine strengflüssiger ist, als die andere, diese in einem kleinen, feuerfesten Gefäße der zu prüfenden Hitze auszusetzen und beim Herausnehmen zu untersuchen, wie viele der Legirungen geschmolzen sind. Je größer ihre Anzahl ist, um so größer war die Hitze, der sie ausgesetzt gewesen sind, und durch die Größe dieser Zahl läßt sich bei der Untersuchung zweier oder mehrerer Hitzequellen das Maaß der Temperatur dieser vergleichungsweise bestimmen.

Prinsep bedient sich solcher Legirungen aus Silber und Gold und aus Gold und Platin, von welchen Metallen das Silber am leichtflüssigsten und das Platiu am schwerflüssigsten ist und nahm zwischen den Schmelzpunkten des reinen Goldes und Silbers 10 Grade, zwischen denen des Goldes und Platins aber 100 Grade an, so daß er 9 Legirungen von Silber und Gold und 99 von Gold und Platin anwendet. Erstere erhält er, indem er 9 Gewichtstheile Silber mit 1 Gewichtstheil Gold, 8 Gewichtstheile Silber mit 2 Gewichtstheilen Gold u. s. w. legirt, letztere, indem er dasselbe mit 99 Gewichtstheilen Gold und 1 Gewichtstheil Platin, mit 98 Gewichtstheilen Gold und 2 Gewichtstheilen Platin u. s. f. bis 1 Gewichtstheil Gold und 98 Gewichtstheilen Platin thut. Will er nun die Hitze eines Ofens damit prüfen, so bringt er die erforderliche Anzahl Legirungen von der Größe eines Stecknadelknopfes und in Form einer kleinen, breitgedrückten Scheibe in die verschiedenen Fächer eines kleinen, feuerfesten Gefäßes, setzt dieses Gefäß lange genug der zu prüfenden Hitze aus und untersucht dann beim Herausnehmen desselben aus dem Ofen, wie viele dieser Metallscheibchen dadurch, daß sie geschmolzen sind, Tropfengestalt angenommen haben. Die Hitze des Ofens selbst wird durch die Schmelzung der Legirung bestimmt, welche am schwersten darin schmilzt.

Endlich ist noch der Anwendung der luftförmigen Körper zu Wärmemessern überhaupt Erwähnung zu machen, von denen wir ja schon früher gesehen haben, daß sie sich unter allen Körpern am meisten ausdehnen und daher wohl selbst am geeignetsten zur genauen Bestimmung kleiner Wärmemengen sind. Dem ist auch wirklich so, und so gerne wir auf den Gebrauch der atmosphärischen Luft zu einem Thermometer, wie es im gewöhnlichen Leben seine Anwendung findet, Verzicht leisten, um so mehr

nehmen wir zu ihr unsere Zuflucht, wenn es sich um Messung äußerst kleiner Temperaturunterschiede handelt.

Zum Messen der Temperatur überhaupt erweisen sich die Luftthermometer, die wir nun kurz beschreiben wollen, weniger richtig und genau als die Weingeist= und Quecksilberthermometer, weßhalb sie nur Anfangs bei der Erfindung der Thermometer überhaupt, in der ersten Hälfte des siebenzehnten Jahrhunderts, ihre Anwendung fanden und später außer Gebrauch gekommen sind. Cornelius Drebbel aus Alkmar in Holland, der sich viel mit der Naturkunde beschäftigte, wird gewöhnlich als Erfinder des Thermometers, und zwar des Luftthermometers, um das Jahr 1630 n. Chr. genannt, und seine Einrichtung soll darin bestanden haben, daß er **Fig. 6.** in eine lange Glasröhre ab mit einer daran befindlichen Kugel c so viel gefärbtes Wasser goß, daß wenn er die Röhre mit einem Korkstöpsel fest verschloß, sie dann umkehrte und ihr verschlossenes Ende in ein mit Wasser gefülltes Gefäß stellte, die gefärbte Flüssigkeit noch einen Theil der Röhre bis m anfüllte, wenn der Pfropfen aus der Röhre entfernt war. Dehnte sich nun die oberhalb der Flüssigkeit in der Kugel und Röhre befindliche, eingeschlossene Luft durch vermehrte Wärme aus, so wurde dadurch die Flüssigkeit in der Röhre herabgedrückt und ihr tieferer Stand zeigte eine Temperaturerhöhung an; zog sich dagegen durch verminderte Wärme die eingeschlossene Luft zusammen, so erlaubte sie dadurch gleichsam der gefärbten Flüssigkeit in der Röhre hinauf zu steigen und einen um so höheren Stand einzunehmen, je größer die Temperaturerniedrigung statt fand. Von der Bestimmung fester Punkte der Flüssigkeitssäule in der Röhre nnd der damit zusammenhängenden Skale, durch welche ja erst ein solches Instrument zu einem Wärmemesser wird, wußte Drebbel noch nichts, so wie auch davon, daß es nicht die Ausdehnung und Zusammenziehung der im Instrumente eingeschlossenen Luft allein ist, welche ein Sinken und Steigen des Thermometers veranlaßt, sondern daß hier der Druck der Luft mit im Spiele ist, welcher gleichfalls allein dieß zu bewirken im Stande ist.

Um dieß einzusehen und sich mit einem Instrumente bekannt zu machen, dessen wir noch öfters bei manchen Wärmeerscheinungen Erwähnung zu machen genöthigt sind, des Barometers, sei es gestattet, von der atmosphärischen Luft, dem Vertreter der luftförmigen Körper, Einiges hieher Gehörige in der Kürze anzuführen.

Von den festen und tropfbar flüssigen Körpern unterscheidet sich die atmosphärische Luft dadurch, daß sich ihre Theile noch leichter als bei jenen

verschieben lassen und daß sie außerdem noch das Bestreben hat, sich in einen immer größeren Raum auszudehnen, und zwar desto stärker, je mehr sie zusammen gedrückt wird. Daß wir es jedoch in der atmosphärischen Luft, der für unser Auge zunächst die Körperlichkeit abgeht, mit einem Körper zu thun haben, dafür sprechen außer den Sinnen unseres Gefühls und unseres Gehörs zunächst einige allgemeine Eigenschaften, die als solche nur den Körpern zukommen. Wir fühlen die Luft, so oft wir die Hand oder einen anderen, etwas breiten Körper, z. B. einen Fächer gegen das Gesicht bewegen und fühlen sie nur zu gut, wenn wir bei heftigen Winden uns ihren Angriffen preis geben. Wir hören die Luft, wenn sie an feste Körper hinstößt, oder sich durch Röhren, enge Klüfte und ähnliche Gegenstände drängt, was besonders bei Sturmwinden oder Orkanen der Fall ist. Die Luft ist aber auch wie jeder andere Körper schwer und wird vermöge ihrer Schwere an der Erdoberfläche festgehalten. Befestiget man nämlich an dem einen Arm einer genauen Waage einen luftleer gemachten, gläsernen Ballon und bringt die Waage ins Gleichgewicht, so wird, wenn man den Hahn des Ballons öffnet und wieder Luft in denselben bringt, die Waage auf der Seite der Glaskugel ausschlagen und man genöthigt seyn, auf die andere Waagschaale Gewichte aufzulegen, um die Waage wieder ins Gleichgewicht zu bringen. Durch vielfache Versuche hat man ermittelt, daß ein Cubikfuß der atmosphärischen Luft bei der Temperatur 0° R bei uns nahe 2 bayrische Loth wiegt, so daß die Luft allerdings zu den leichteren Körpern unserer Erde gehört und selbst gegen 800mal leichter als reines Wasser ist. Allein dem ohngeachtet haben alle Körper von Seite dieser leichten Luft dennoch einen gewaltigen Druck auszuhalten, zumal da die Luft sehr *elastisch* ist, d. h. mit derselben Kraft auf ihren ursprünglichen räumlichen Inhalt zurück zu kommen strebt, mit welcher sie zusammen gepreßt wurde, wie man leicht an jeder, ganz mit Luft angefüllten, oben fest zugebundenen Blase sieht, die stets, wenn sie vorher zusammen gedrückt wurde, nach Entfernung des Drucks wieder zu ihrem früheren Rauminhalt zurückkehrt. In Folge dieser Elasticität der Luft steht ihr räumlicher Inhalt und die Kraft, sich auszudehnen, oder ihre Spannkraft im umgekehrten Verhältnisse zu einander, d. h. bringt man eine Luftmasse auf ihren halben räumlichen Inhalt, so drückt sie auf die Wände des sie einschließenden Gefäßes mit doppelter Gewalt; auf den dritten Theil ihres Volumens gebracht, übt sie einen dreifachen Druck aus u. s. w. Umgekehrt: läßt man dieselbe Luftmasse einen doppelt so großen Raum ausfüllen, so übt sie auf die Wände des

sie einschließenden Gefäßes nur den halben Druck aus oder ihre Spannkraft ist nur halb so groß u. s. w.

Vermöge dieser Eigenschaften übt die Luft nun nicht nur wie die flüssigen Körper einen Druck herabwärts und seitwärts, sondern auch aufwärts, mithin nach allen Seiten aus, und es nimmt daher der Druck in der Atmosphäre von Oben nach Unten und mit ihm die Dichtigkeit der Luft nicht nur zu, sondern es muß auch im Innern von Gebäuden die Luft eben so stark zusammen gedrückt werden und daher eben so dicht seyn und eben so stark nach allen Seiten drücken, als die Luft draussen in derselben Höhe von der Erde. Dieser von der Luft ausgeübte Druck kann sich aber nur dann durch seine Wirkung sichtbar zeigen, wenn auf der einen Seite eines Gegenstandes die Luft weggeschafft ist, oder der Druck der Luft muß einseitig, d. h. nur von einer Seite wirken, wenn er bemerkt werden soll, wie man leicht aus folgendem Versuch ersieht.

Man tauche eine an beiden Enden offene Glasröhre in Wasser und verschließe die ganz mit Wasser angefüllte Röhre unterhalb des Wasserspiegels an den einen Ende mit einem der Finger und hebe sie dann, wo möglich recht gerade, in die Höhe; und siehe da, die Röhre wird mit Wasser angefüllt bleiben, selbst wenn man die untere Oeffnung über den Wasserspiegel bringt; und dieß offenbar in Folge des einseitigen Druckes der Luft. Die Luft drückt mit einer Kraft gegen die untere Oeffnung der Röhre, die den Druck oder das Gewicht der Wassersäule überbietet, und deßhalb kann es zu keinem Ausfließen der Flüssigkeit kommen. Letzteres erfolgt am Einfachsten dadurch, daß man den einseitigen Druck der Luft aufhebt, was durch Entfernung des Fingers vom oberen Ende der Röhre geschieht. Dann fragt es sich aber auch, ob man die Röhre nicht so lange machen kann, daß der Druck oder das Gewicht der in ihr befindlichen Flüssigkeit größer als der auf der untern Oeffnung der Röhre ruhende Druck der Luft ist, so daß die Röhre in dem angegebenen Versuche nur zum Theil mit Flüssigkeit angefüllt bleibt? Ist dieses der Fall, so werden wir in dem Gewichte der in der Röhre befindlichen Flüssigkeitssäule zugleich die Stärke des Drucks kennen lernen, den die Luft auf jede Fläche, die mit dem Boden der Glasröhre gleiche Größe hat, ausübt und so im Stande seyn, überhaupt den Druck der Luft zu berechnen, dem die einzelnen Körper unterliegen.

Nun stellte sich durch Versuche heraus, daß, wenn man in dem angegebenen Falle die Röhre nicht länger als 32 par. Fuß, welches etwas über 35½ Fuß bayerisch ausmacht, wählte, dieselbe stets mit dem Wasser völlig angefüllt blieb, wenn man sie aus der Flüssigkeit empor hob; daß

dieß aber nicht der Fall war und das Wasser so lange der Ausflußöffnung zueilte, bis es in der Röhre nur noch eine Höhe von 32 par. Fuß einnahm, wenn die Röhre länger als 32 par. Fuß war, wo alsdann oberhalb des Wassers in der Röhre ein leerer Raum entstand. Der Druck der Luft, schloß man hieraus, auf eine gegebene Fläche ist dem Druck einer 32 Fuß hohen Wassersäule von derselben Grundfläche gleich, oder die Seite eines luftleeren Würfels, welche einen Quadratzoll groß ist (einen Zoll lang und breit), erleidet von der Luft denselben Druck, wie der einen Quadratzoll große Boden eines 32 par. Fuß hohen Gefäßes, das mit reinem Wasser angefüllt ist. Dieser Bodendruck ist dem Gewichte des in dem Gefäße befindlichen Wassers gleich, das in dem gegebenen Falle, wo das Gefäß stets gleiche Weite mit der Bodenfläche hatte, nicht weniger als $15\frac{5}{8}$ Pfund ausmachte und so zu dem Satze führte, daß der Druck der Luft auf einen Quadratzoll $15\frac{5}{8}$ Pfund, mithin auf die Fläche eines Quadratfußes nicht weniger als 2250 bayer. Pfund beträgt. Die Oberfläche eines erwachsenen Menschen beläuft sich nun auf 14 bis 15 Quadratfuß und mithin hat derselbe einen Druck von mehr als 235 Centnern von Seite der Luft auszuhalten. Wie kommt es aber, daß wir von diesem großen Drucke nichts merken? Weil ja auch das Innere unseres Körpers theilweise mit Luft erfüllt ist und die vom Körper eingeschlossenen tropfbaren und elastischen Flüssigkeiten einen dem Luftdrucke entsprechenden Gegendruck ausüben, wodurch Gleichgewicht entsteht. Erst wenn der Luftdruck einseitig erfolgt, bemerken wir seine große Kraft, wie dieß der Fall ist, wenn man zwei hohle Kugeln von starkem Messing, welche luftdicht auf einander passen, möglichst luftleer macht. Diese werden alsdann durch den äußern Luftdruck so fest aneinander gedrückt, daß sie bei nur einiger Größe selbst durch die Kräfte mehrerer Personen nicht auseinander gerissen werden können.

Wählt man statt des Wassers im obigen Versuche eine andere, schwerere Flüssigkeit, so wird offenbar die dazu erforderliche Röhre eine geringere Länge als 32 par. Fuß haben können, um das Gesuchte zu leisten, und dieß wird um so mehr der Fall seyn, je schwerer ein gewisses Maaß der gewählten Flüssigkeit ist als dasselbe Maaß Wasser. Die bisher bekannte schwerste Flüssigkeit ist nun das Quecksilber, und da dasselbe $13\frac{1}{2}$mal schwerer als das Wasser ist oder eine Maaß Quecksilber $13\frac{1}{2}$mal so viel wiegt als eine Maaß reines Wasser, so werden die zur Wiederholung des obigen Versuchs nöthigen Röhren auch nur ohngefähr den 14ten Theil der Länge der beim Wasser gebrauchten besitzen dürfen, d. i. bei 28 par. oder

$31^1/_4$ bayer. Zoll Länge ihren Zweck erfüllen. Füllt man nun eine etwa 30 par. Zoll lange, an dem einen Ende zugeschmolzene, gläserne Röhre mit Quecksilber völlig an, hält das offene Ende mit dem Finger fest zu, kehrt alsdann die Röhre um und bringt sie mit dem unteren Ende senkrecht in ein kleines, mit Quecksilber angefülltes Gefäß, so wird man beim Entfernen des Fingers vom unteren Ende der Röhre das Quecksilber nur um wenige Zolle in der Röhre sinken sehen, wie es im Voraus zu erwarten war. Der von der Luft auf das Quecksilber im Gefäße ausgeübte und von diesem auf das Quecksilber in der Röhre fortgepflanzte Druck ist es, der die Quecksilbersäule herab zu fließen hindert und sie also gleichsam in die Höhe hebt, wie es bei der $13^1/_2$mal längeren Wassersäule gleichfalls geschah.

Dabei mußte sich denn nun nothwendig die Frage aufwerfen, ob denn dieser Druck der Luft beständig von gleicher Größe sey? War dieses schon aus der fast täglich anderen Beschaffenheit der Luft nicht zu erwarten, so ergab sich bald aus wiederholten Versuchen auf die so eben beschriebene Art, welche zu verschiedenen und mehrere Tage auseinander liegenden Zeiten angestellt wurden, daß die Quecksilbersäule keineswegs stets eine gleiche Höhe beibehielt und daß dieß vornehmlich der Fall war, wenn gleichzeitig der Versuch auf einem hohen Berge und an dessen Fuße angestellt wurde, wo im ersteren Falle die von der Luft getragene Quecksilbersäule eine viel geringere Länge hatte als im zweiten. Diese stets veränderte Länge der bewußten Quecksilbersäule mußte man nun zu jeder beliebigen Zeit zu erkennen suchen und man brauchte nur die beim letzten Versuche angewendete Röhre senkrecht an das Quecksilbergefäß zu befestigen und mit einer Skale, d. i. mit einer Eintheilung nach Zollen und Linien zur Messung der Quecksilbersäule, zu versehen, und die Gelegenheit war dazu gegeben und zwar an einem Instrumente, das den Namen B a r o m e t e r führt. Dieses aus der griechischen Sprache hergenommene Wort bezeichnet S c h w e r e m e s s e r und zwar in unserem Falle S c h w e r e m e s s e r d e r L u f t, und damit ist zugleich die einzige Bestimmung des Barometers: d e n D r u c k o d e r d a s G e w i c h t d e r ü b e r u n s b e f i n d l i c h e n L u f t s ä u l e z u m e s s e n, angegeben.

Fig. 7. stellt uns ein solches Instrument vor. An einem etwa **3** Fuß langen, schmalen Brettchen ist ein gläsernes Gefäß **cd** befestigt, das zum Theil mit Quecksilber angefüllt ist und in welches die mit Quecksilber gefüllte Röhre **mn** auf die eben beschriebene Art gesenkt wurde. Letztere Röhre ist gleichfalls an das Brettchen fest gemacht und ihr zur Seite befindet sich in die Röhre eingenietet der bewegliche Streifen oder Schieber **oi**, der von

seinem Endpunkte o an Zoll für Zoll und etwa vom 25ten Zolle an Linie für Linie eingetheilt ist. Will man nun die Barometerhöhe oder den Barometerstand, d. h. die Höhe der von der Luft getragenen Quecksilbersäule zu irgend einer Zeit kennen lernen, so bringt man den Endpunkt o des Schiebers genau mit der Oberfläche uo des Quecksilbers im Gefäße zusammen und liest alsdann auf dem oberen in Linien eingetheilten Theil desselben, ab, bis zu welcher Höhe die in der Röhre befindliche Quecksilbersäule hinauf reicht.

Noch einfacher aber wird dieses Instrument, wenn, wie wir bei unsern gewöhnlichen Barometern sehen, das Gefäß cd mit der Röhre mn selbst in unmittelbarer Verbindung steht, was dadurch erreicht wird, daß man die Röhre mn unten krümmt und den aufwärts gehenden Theil in ein verhältnißmäßig weiteres, birnförmiges, offenes Gefäß übergehen läßt, wie Fig. 8. zeigt. Den eingetheilten Schieber sucht man aber dadurch zu ersetzen, daß man vom Punkte r aus, welcher der nur wenig sich ändernden Quecksilberoberfläche im birnförmigen Gefäße wagerecht gegenüber liegt, den aufwärtsgehenden Theil rm der Röhre in Zoll und Linien eintheilt und diese Eintheilung nur am oberen Ende, wo die Veränderungen im Luftdrucke Statt finden, an einer auf Holz oder Papier gezeichneten Skale ou bemerklich macht.

Welch bedeutenden Einfluß dieser veränderte Luftdruck auf viele Erscheinungen in der Natur hat und wie nothwendig daher ein gutes Barometer ist, um diese Veränderung kennen zu lernen, davon uns zu überzeugen werden wir in der Folge noch öfter Gelegenheit haben, da ja Alles im lufterfüllten Raume vor sich geht und der Einwirkung der Luft unterliegt, jenes mechanischen Gemenges von Stickstoffgas und Sauerstoffgas mit einem unbedeutenden Theile von gasförmigem Wasser und Kohlensäure. Denn nicht ein einfacher Stoff ist sie, ein sogenanntes Element der Alten, sondern ein aus den genannten einfachen Stoffen zusammengesetzter Körper, die in dem Verhältnisse in ihr vorkommen, daß 100 Maaß atmosphärische Luft 21 Maaß Sauerstoffgas und 79 Maaß Stickstoffgas enthalten, von dem Tausendsten Theile der Maaß, welcher auf das gasförmige Wasser und die Kohlensäure kommt, ganz abgesehen. Diese Zusammensetzung der Luft erwies sich stets als dieselbe, man mochte die Luft zur Untersuchung hernehmen, woher man immer wollte; von der heißen oder kalten Zone, von hohen Bergen oder tiefen Thälern, bei Luftschifffahrten aus einer bedeutenden Höhe, oder von der Oberfläche des tiefen Meeres, sofern sie nur im Freien sich befand. Luft aus abgeschlossenen Räumen, z. B. aus lange verschlossenen Kellern oder Gruben, worin organische Substanzen faulten, ist ja keine

gewöhnliche atmosphärische Luft mehr, sondern ein mechanisches Gemenge anderer Gasarten. Uebrigens ist das Sauerstoffgas derjenige Bestandtheil der atmosphärischen Luft, dessen Gegenwart zum Athmen sowohl als zum Verbrennen unentbehrlich ist, weßhalb wir noch oft auf ihn zurückkommen werden. Es ist ein Hauptbestandtheil der meisten Körper, besonders des Wassers und der Luft, ist ohne Geruch, Geschmack und Farbe und etwas schwerer als die atmosphärische Luft.

Man kann sich dasselbe etwa auf folgende Weise bereiten. Einen auf der einen Seite gut verschlossenen Flintenlauf fülle man mit gepulvertem Braunstein an, erhitze ihn bis zum Glühen und bringe das offene Ende des Laufs unter Wasser. Man wird alsbald aus der Oeffnung Blasen hervortreten und im Wasser sich erheben sehen, welche das gewünschte Sauerstoffgas sind. Um sie zu sammeln und eine größere Menge Gas zu erhalten, braucht man nur eine Flasche mit Wasser ganz anzufüllen, diese auf die oben angegebene Art mit dem offenen Halse so unter das Wasser bringen, daß kein Wasser herausläuft und nun die aufsteigenden Blasen in die Mündung des Flaschenhalses treten lassen. Auf diese Weise sammelt sich immer mehr Gas im nach Oben gekehrten Theil der Flasche an, indem es ihm leicht wird, das Wasser aus der Flasche zu verdrängen, und endlich erhält man die ganze Flasche mit Gas erfüllt, die man dann vorsichtig noch unterhalb des Wassers luftdicht verschließt.

Kehren wir nun von dieser kurzen Beschäftigung mit der atmosphärischen Luft und eines ihrer Bestandtheile, des Sauerstoffgases, wieder zu unseren Thermometern und zwar zu unserem Drebbelschen Luftthermometer zurück, so wird es uns nach den gemachten Erfahrungen über den Druck der Luft überhaupt nun klar seyn, wie ohne Zusammenziehung oder Ausdehnung der über der Flüssigkeitssäule mb befindlichen Luft die Flüssigkeit in der Röhre doch steigen oder fallen kann, und dieß nur in Folge eines größeren oder geringeren Luftdrucks auf die Flüssigkeit im Gefäße und von dieser auf die in der Röhre, so daß also bei diesem Steigen und Fallen des Thermometers die Wärme gar oft nicht mit in Betracht kommt und das Instrument seinem Namen gar nicht entspricht und mehr als Barometer wirkt. Dieser Druck der Luft auf die Flüssigkeit sowohl, als selbst auf das Gefäß des Thermometers macht sich aber auch bei den andern Thermometern, den Quecksilber- und Weingeistthermometern, in zweifacher Hinsicht geltend. Einmal nämlich dadurch, daß, wie wir später sehen werden, von ihm die Hitze des siedenden Wassers und mithin die Bestimmung des Siedepunktes und die Eintheilung der Thermometerskale überhaupt abhängt und dann, daß

namentlich bei alten luftleeren Thermometern der angezeigte Gefrierpunkt sich gewöhnlich unter dem wirklichen befindet, mit der Zeit also eine Verengerung des inneren räumlichen Inhaltes der Thermometerkugel eintritt. Diese Verengerung tritt in Folge einer eigenthümlichen, im Glase obwaltenden Kraft des Zusammenhanges der kleinsten Theilchen nicht augenblicklich bei der ersten Abkühlung vollständig ein, sondern erst nach längerer Zeit wird zwischen dem Luftdrucke von Außen und dem Gegendrucke von Innen ein vollkommenes Gleichgewicht hergestellt.

Zur Messung äußerst kleiner Temperaturunterschiede, bemerkten wir, eignen sich die so ausdehnsamen luftförmigen Körper mehr als die festen und flüssigen, und in dieser Beziehung haben uns zwei berühmte Gelehrte, Graf Rumford und Leslie, mit einem Instrumente bekannt gemacht, das das Gewünschte leistet. Dieses Differenzialthermometer besteht aus einer Glasröhre, die an beiden Enden unter einem rechten Winkel gebogen und mit Kugeln versehen ist, wie **Fig. 9.** zeigt. In der Mitte der horizontalen Röhre **CD** befindet sich ein Weingeist- oder Quecksilbertropfen **mn**, der die in den beiden Kugeln enthaltene Luft von einander trennt. So lange nun die Luft in den beiden Kugeln gleich erwärmt bleibt, nimmt der Tropfen bei horizontaler Lage der Röhre **CD** immer dieselbe Stelle ein, die dem Gleichgewichte gemäß ist, und man bezeichnet dieselbe mit **0** und bringt an der Röhre von da eine Theilung an. Erhält nun die Kugel **B** nur die mindeste Erwärmung, so daß die in ihr befindliche Luft sich nur etwas dadurch ausdehnt, so drängt die Luft den Tropfen nach **C** hin und die Skale zeigt, wie viel diese Ausdehnung der Luft beträgt. Hat man nun noch durch Versuche ausgemittelt, wie viel Theile der Skale einem Wärmeunterschied von 1°, von 2° u. s. w. nach einem richtigen Quecksilberthermometer entsprechen, so hat man in dem bezeichneten Instrumente ein sehr empfindliches Thermometer für kleine Wärmemengen.

B. Aenderung des Aggregatzustandes der Körper durch die Wärme.

An dem ewigen Wechsel, dem Alles in der Natur unterworfen ist, hat die Vermehrung und Verminderung der Wärme, welche den einzelnen Körpern zu Theil wird, oder überhaupt die Wärme und Kälte, gewiß den wesentlichsten Antheil. Ja die verschiedenen Aggregatsformen, in welchen die Körper vorkommen, haben selbst ihren Grund in dieser Vermehrung und Verminderung der Wärme, indem feste, flüssige und gasförmige Kör-

per sich nur durch einen größeren oder geringeren Antheil an Wärme unterscheiden.

Lernen wir nun die Veränderungen des Aggregatzustandes der einzelnen Körper kennen, einmal, wenn Wärme den Körpern zugeführt wird, also durch Erwärmung, und dann, wenn Wärme den Körpern entzogen wird, also durch Erkältung.

a) Aenderung des Aggregatzustandes der festen Körper durch Wärme.

Was bei festen Körpern, die einer bedeutenden Hitze ausgesetzt werden, erfolgt, hat Jeder schon oft erfahren: die Körper gehen nämlich entweder in den tropfbar flüssigen Zustand über, schmelzen, zergehen, oder sie zersetzen sich in ihre Bestandtheile, meist Gase und Dämpfe, verflüchtigen sich, wobei es in den meisten Fällen beim Zutritt der atmosphärischen Luft zu einem Verbrennungsakte kömmt. Erstere Art der Veränderung erfahren alle unorganischen Körper und von den organischen nur einige ausgeschiedene und abgesetzte Theile, wie Harze, Oele, Fette, Eiweiß, Harn u. s. w.; letztere alle übrigen, also die organischen, da ja bekanntlich alle Körper unserer Erde in zwei große Classen, in organische und unorganische eingetheilt werden und man unter den zur ersten Classe gehörigen Körpern diejenigen versteht, die durch Aufnahme äußeren Stoffes, welchen sie in sich verändern und verarbeiten, von Innen heraus wachsen (Thiere und Pflanzen), unter den zur zweiten Classe gehörigen alle diejenigen, welche sich nur von Außen durch Ansatz vergrößern (alle Körper außer Thiere und Pflanzen).

Was nun den Uebergang der festen Körper in den tropfbar flüssigen Zustand betrifft, so kann derselbe durch keine andere Naturkraft als durch die Wärme erzwungen werden. Man kann Eis zu Staub zerstossen und es allen möglichen mechanischen Einwirkungen unterwerfen — wofern die Wärme nicht mit ins Spiel kommt, es wird nie schmelzen. Wachs schmilzt in den Strahlen der Sonne nicht in Folge ihrer leuchtenden, sondern erwärmenden Kraft, und Blei kann durch Bearbeitung mittelst des Hammers auf einem Amboſſe zum Schmelzen gebracht werden, aber nicht in Folge des dabei Statt findenden mechanischen Druckes, sondern der durch Verdichtung und Schlag erzeugten Wärme, die wir im Vorbeigehenden bereits kennen gelernt haben. Die Wärme also ist es allein, welche die Ueberführung der festen Körper in den flüssigen Zustand bewirkt, wenn hiezu bei dem einen auch nur wenig, bei dem andern viel Wärme erforderlich ist. So zerfließt das Quecksilber ja schon bei einer Temperatur von — 32°

R, welche nur ausnahmsweise in den kalten Wintern der Polargegenden vorkommt; Eis, Wachs, Talg, Butter, Harz erfordern keine bedeutende Temperaturerhöhung, um zu zerfließen; Schwefel, Zinn, Blei, Wismuth und gewisse Metalllegirungen müssen schon mehr erwärmt werden, um in den tropfbaren Zustand über zu gehen; Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Platin u. s. w. widerstehen dem Einflusse der Wärme dergestalt, daß sie nur mit großer Mühe bei Anwendung der höchsten Hitzegrade geschmolzen werden können. Man nennt deßhalb auch letztere Körper schwerschmelzbare oder strengflüssige zum Unterschiede von den erst angeführten, welche leichtschmelzbare oder leichtflüssige heißen. Noch schwierigen als die Metalle sind einige Erdarten, wie Baryterde, Kalkerde, Talkerde (Magnesia) und Alaunerde in Fluß zu bringen; die Kohle aber ist von den einfachen Körpern allein übrig geblieben als unschmelzbar.

So verschieden aber auch die Wärmemengen sind, welche die einzelnen festen Körper zu ihrem Uebergang in den tropfbar flüssigen Zustand erfordern, so zeigen sich hier doch bei allen Körpern folgende zwei merkwürdige Eigenschaften:

1) Die festen Körper ändern so lange ihren Zustand nicht, bis sie durch Erwärmung auf eine gewisse Temperatur gebracht worden sind, welche für einen und denselben Körper unveränderlich ist, unter welchen Bedingungen auch die Schmelzung vor sich gehen mag, und

2) Während der ganzen Dauer der Schmelzung findet keine Temperaturerhöhung statt und alle dem Körper zugeführte Wärme wird bloß zum Schmelzen desselben verwandelt. Man nennt deßhalb diese, für das Gefühl und Thermometer verschwundene, Wärme verborgene (latente) Wärme, und in so ferne sie von dem in den feineren Aggregatzustand übergehenden Körper aufgenommen wird, gebundene Wärme.

So beträgt z. B. der unverrückbare Schmelzpunkt des Quecksilbers — 32° R, des Eises 0°; Olivenöl schmilzt bei + 8°, Talg bei + 26°, Wachs bei + 54°, Schwefel bei + 86°, Zinn bei + 182°, Blei bei + 210° R u. s. w. kurz, es läßt sich von jedem Körper die Höhe der Temperatur angeben, bis zu welcher er erwärmt werden muß, bevor er zu schmelzen anfängt.

Von der zweiten Eigenschaft der schmelzenden Körper können wir uns

leicht durch nachstehende Versuche überzeugen. Gießt man 2 Pfund Wasser, das eine von der Temperatur 0°, das andere von + 60° R, in ein Gefäß zusammen und erforscht alsdann die Temperatur der Mischung, so wird dieselbe + 30° R betragen, wie zu erwarten stand. Bringt man aber 1 Pfund Wasser von + 60° und 1 Pfund Schnee oder fein zertheiltes Eis, das so eben im Aufthauen begriffen ist, in ein Gefäß zusammen und untersucht, nachdem das Eis geschmolzen, gleichfalls die Temperatur der neuen Mischung, so zeigt das Thermometer 0° R. Die ganze Wärmemenge, welche man braucht, um 1 Pfund Wasser von 0° bis auf 60° R zu erhitzen, ist zur Verwandlung eines Pfundes Eis oder Schnee von 0° R zu einem Pfund Wasser von derselben Temperatur verwendet worden; das Eis hat dieselbe, während es schmolz, verzehrt und unserer Wahrnehmung entrückt, deßhalb diese Wärme, von der wir so recht nicht wissen, wohin sie gekommen ist, auch gebundene oder verborgene (latente) heißt.

Füllt man von zwei Gefäßen das eine mit Schnee oder Eis und das andere mit kaltem Wasser an und bringt beide in kochendes Wasser, so wird das im ersten Gefäße befindliche Thermometer bis zum Gefrierpunkte, falls die Temperatur des verwendeten Schnees oder Eises noch geringer war, sich erheben, allein bei diesem Stande verbleiben, so lange noch Schnee oder Eis sich ungeschmolzen in der Flüssigkeit befinden; dagegen das im kalten Wasser befindliche Thermometer fast augenblicklich steigen und eine Temperatur des Wassers nach längerer Zeit von + 60° R nachweisen.

Ferner bringe man ein offenes Gefäß, mit Schnee oder fein zertheilten Eis von der Temperatur — 6° R angefüllt, über ein angemachtes Feuer und stecke in den Schnee oder in das Eis ein Thermometer. Nicht lange währt es und letzteres fängt an zu steigen, zeigt bald — 5° R, dann — 4°, und endlich 0° R. Bei diesem Stande beharrt das Thermometer, bis aller Schnee oder alles Eis sich in tropfbar flüssiges Wasser verwandelt hat. Alle zugeführte Hitze wird nur zur Schmelzung des Schnees oder Eises verbraucht, ohne daß das bereits geschmolzene Wasser irgend einen Theil davon erhält. Erst nachdem Alles in Flüssigkeit verwandelt ist, zeigt sich bei fortgesetzter Erwärmung am Feuer eine Wärmezunahme derselben.

Ganz ähnliche Erscheinungen, wie beim schmelzenden Schnee und Eis, treten uns nun immer entgegen, wenn irgend ein fester Körper in einen tropfbar flüssigen umgeschaffen wird, und daraus ergibt sich der in der Lehre von der Wärme so einflußreiche Satz:

Bei dem Uebergange eines Körpers aus dem festen in den tropfbar flüssigen Zustand wird Wärme ge-

bunden, d. i. verschwindet eine gewisse Menge Wärme für unser Gefühl und das Thermometer, und da diese der Umgebung entzogen wird, so wird letztere dadurch abgekühlt.

Beim Schmelzen eines Stückes Eis in der Hand empfindet man eine bedeutende Kälte durch den Verlust der Wärme, welchen die Hand erleidet. Noch mehr ist dieses beim gefrornen Quecksilber der Fall, das gewöhnlich kälter als das Eis ist, wo uns die Kälte selbst brennend erscheint. Unsere Haut scheint in der That auf gleiche Weise zu leiden, sey es, daß an einem bestimmten Punkte derselben eine große Menge Wärme in den Körper hinein geht, oder aus demselben heraustritt. Wird eine Flasche mit gefrornem Wein in Wasser gestellt, so thaut der Wein auf und bindet dazu so viel Wärme, daß das Wasser an den Wänden der Flasche gefriert. Gefrornes Quecksilber, in ein Glas mit Wasser gebracht, thaut auf, während das Wasser gefriert. Treten in ein warmes Zimmer mehrere Personen, an deren Schuhen der daran haftende Schnee oder das daran befindliche Eis zum Schmelzen kommt, so wird das Zimmer schnell kalt. Man kann Wasser über dem Feuer zum Gefrieren bringen, wenn man über das Feuer ein Gefäß mit Schnee, in welchem sich ein metallenes Schälchen mit Wasser befindet, bringt. Der schmelzende Schnee entzieht dem Schälchen und dem Wasser Wärme und letzteres geht deßhalb in Eis über.

Diese Erscheinungen der latent werdenden Wärme beim Aufthauen der festen Körper geben uns überhaupt Mittel an die Hand, auf künstliche Weise Kälte und sogenannte Kältemischungen oder kalt machende Mischungen zu erzeugen, wobei man nur stets zu bedenken hat, daß jeder feste Körper bei seiner Auflösung in irgend einer Flüssigkeit die zur Aenderung seines Aggregatzustandes unentbehrliche Wärme bindet, welche er theils sich selbst, theils der ihn auflösenden Flüssigkeit, theils den nächstliegenden Gegenständen, wie dem Gefäße, entzieht. Löst sich Zucker in Wasser, Wein u. s. w. auf, so wird dadurch die Flüssigkeit abgekühlt und daher das Erfrischende des Zuckerwassers ꝛc. bei warmer Witterung. Schon gewöhnliches Salz mit Schnee vermischt bringt eine viel größere Kälte hervor als blos schmelzender Schnee, wie man z. B. daraus ersieht, daß man selbst in einem warmen Zimmer einen zinnernen Teller zum Anfrieren an den Tisch bringt, wenn man Wasser auf denselben gießt, den Teller darauf setzt und darin Schnee mit Kochsalz mischt. Bei Auflösung krystallisirter Salze, besonders des Glaubersalzes, welches sehr viel starres Wasser (Krystallisationswasser) enthält, in sehr verdünnter Schwefelsäure wird noch größere Kälte erzeugt.

indem die Aenderung des Aggregatzustandes der Salze und des starren Wassers auf Kosten der Wärme der Auflösung vor sich geht. Eine der größten, bis jetzt bekannten Temperaturerniedrigungen, die selbst bis — 40° R geht, erreicht man aber durch 2 Theile Salmiak mit 1 Theil Schnee, welche man schichtenweise mischt. Das im Schnee enthaltene Wasser hat eine große Neigung, den Salmiak aufzulösen, muß dazu aber tropfbar flüssig auftreten. Da nun sowohl Schnee als Salmiak zu gleicher Zeit schnell in einen feineren Aggregatszustand übergehen, so müssen sie nothwendig eine ansehnliche Menge von der freien Wärme der Mischung binden. Man thut wohl, den Versuch nur in einer Umgebung von — 6 bis — 8° R anzustellen und sich eines weiteren Gefäßes mit Schnee und Salz gefüllt zu bedienen, um schon dadurch eine Kälte von — 15 bis 18° R zu bewirken. Setzt man dann in dieses das kleinere Gefäß, worin der Schnee und Salmiak schichtenweise gemischt wird, so ist man gewiß, eine Kälte zu erzeugen, welche das Quecksilber zum Gefrieren bringt.

Fragen wir schließlich noch nach dem Grund des Schmelzens der festen Körper überhaupt, so liegt dieser in nichts Anderem, als in der bekannten Ausdehnung durch die Wärme, wodurch die einzelnen Theile weiter von einander gerückt werden, so daß die Kraft, welche sie zusammenhält, die Cohäsionskraft, nicht mehr stark genug ist, diese einzelnen Theile fest an einander zu halten. Durch diese Ausdehnung kommt es auch, daß der Körper geschmolzen immer einen größeren Raum einnimmt, als da er fest war. Bei festen Körpern von gleicher Dichtigkeit liegt dieß vor Augen, z. B. beim Ausschmelzen des Talges, Specks u. s. w., wo die Behälter zerrissen werden, in denen die schmelzenden Körper sich befinden; bei sehr porösen Körpern, wie z. B. bei Zucker, der durch Schmelzung erst gleichförmige Dichtigkeit erlangt, scheint freilich oft das Gegentheil statt zu finden. Besonders beim Schmelzpunkte dehnen sich die meisten Körper auf eine außerordentliche Weise aus, und dabei ist die Ausdehnung der Legirungen nicht etwa, wie es zu erwarten, die mittlere der vereinten Metalle, sondern eine eigenthümliche, die jedoch durch diese bedingt wird.

Uebrigens ist beim Schmelzen der Körper auch das zu bemerken, daß einige in merklicher Stufenfolge erst weich und dann flüssig werden, andere plötzlich von dem einen Zustand in den anderen übergehen. Noch hat der Schwefel mit anderen Körpern die Eigenschaft, durch vermehrte Wärme aus dem festen Zustande in den der Flüssigkeit überzugehen; wird er dann aber stärker erhitzt, so zeigt er sich in einem hohen Grade dickflüssig. Aber

sowohl durch Verminderung als Erhöhung der Temperatur von nun an wird er wieder dünnflüssig.

So viel von den Veränderungen des Aggregatzustandes, welche die festen, meist unorganischen Körper durch Vermehrung ihrer Wärme erleiden und die im Allgemeinen darin bestehen, daß sie in den tropfbar flüssigen Zustand übergehen. Die übrigen festen, also meist organischen Körper erfahren nun durch Erhöhung ihrer Temperatur zwar nicht diese Veränderung, wohl aber eine noch größere, indem sie sich in ihre Bestandtheile, meist in Gase und Dämpfe, zersetzen und verflüchtigen, wobei es in den meisten Fällen zu einem Verbrennungsproceß kommt, weßhalb auch die meisten hieher gehörigen Körper brennbare heißen.

Die wenigsten Körper sind nämlich einfache oder solche Körper, welche bis jetzt noch nicht zerlegt worden sind und welche man bei der Zerlegung der zusammengesetzten Körper immer als ihre Bestandtheile erhält. Bei Weitem die Mehrzahl der Körper machen die zusammengesetzten aus. Außer den bis jetzt bekannten 41 metallischen Stoffen sind es ja nur noch 13 einfache Stoffe, welche wir kennen. Von diesen kommen 4, nämlich der Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und das Chlor in Folge ihrer Verbindung mit dem Wärmestoffe immer in Gasform vor, also als Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, Stickstoffgas und Chlorgas, die übrigen 9, nämlich der Kohlenstoff, Schwefel, Selen, Phosphor, Bor, Jod, Brom, Silicium und Fluor sind feste Körper.

Aus welchen einfachen Stoffen aber die zusammengesetzten Körper bestehen, dieß nachzuweisen, ist Sache der Chemie, der Lehre von der Zerlegung und Zusammensetzung der Körper. Erhitzt man nun z. B. Holz in einem Raume, zu welchem die Luft nicht freien Zutritt hat, so entweichen alle Bestandtheile des Holzes im luftförmigen Zustande und es bleibt allein Kohle zurück. Früchte, Blumen, Fleisch rc. werden durch gesteigerte Hitze verkohlt, wobei ihre flüchtigen Stoffe in die Luft übergehen. Wird Marmor, der aus Kalkerde und Kohlensäure besteht, in hohem Grade erhitzt, so entweicht von Grad zu Grad ein immer größerer Theil der Kohlensäure und es bleibt zuletzt blos Kalkerde zurück, die nur in sehr großer Hitze schmelzbar ist. Anders verhält es sich beim Zutritt der atmosphärischen Luft mit den sogenannten brennbaren Körpern, meist organischer Natur, deren Hauptbestandtheile, wie die Chemie uns versichert, der Kohlenstoff und der Wasserstoff ist. Wird nun ein solcher brennbarer Körper beim Zutritt der atmosphärischen Luft bis zu einem gewissen Grade erhitzt, so wird er in seine einfachen Bestandtheile zersetzt,

die begierig eine Verbindung mit dem Sauerstoffe der Luft eingehen, wobei es zur Entwicklung von Licht und Wärme kommt.

Ein einfacher Versuch mit einer Wachskerze soll uns das Gesagte veranschaulichen. Will man eine solche Kerze anzünden, so erhitzt man mittelst eines brennenden Körpers, eines brennenden Papierstreifens oder Holzspans, den Docht, welcher mit Wachs getränkt ist. Dadurch fängt das Wachs an vorerst zu schmelzen, dann erhitzt es sich bis zum Kochen und wird in Kohlenwasserstoffgas und Kohlenoxydgas zersetzt, wie man aus den kleinen Gasbläschen ersieht, welche in der Flamme ununterbrochen nach Oben hin steigen. Beide Stoffe verbinden sich, nachdem sie die erforderliche Temperatur erreicht haben, mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft, verbrennen und bilden Kohlensäure, ein farb- und geruchloses Gas, weit schwerer als die Luft, unverbrennlich und auch die Verbrennung nicht unterhaltend, das sich während der Verbrennung wegen der hohen Temperatur, die es besitzt, in die Höhe erhebt. Bläst man die Flamme aus und hält unmittelbar darauf einen anderen brennenden Körper über den glimmenden Docht, so fängt die vom ausgelöschten Körper aufsteigende, aus brennbaren Gasen bestehende, warme Rauchsäule wieder Feuer und man sieht dieselbe bis zum Dochte hin sich entzünden und eine Flamme bilden. Durch die beim Verbrennen entbundene Wärme schmelzen die nächsten Wachstheilchen und steigen in den feinen Kanälen des Dochtes bis zur Flamme auf, wo sie auf die so eben angegebene Weise zersetzt werden und die Verbrennungserscheinungen unterhalten.

Die zur Einleitung des Verbrennungsprocesses nöthige Erhitzung kann durch ein beliebiges Erregungsmittel der Wärme hervor gerufen werden, und es ist für das Verbrennen selbst einerlei, aus welcher Wärmequelle man schöpft. Man zündet z. B. Schwamm durch concentrirtes Sonnenlicht vermittelst unserer Brenngläser an, unsere Kerzen und Lampen und das Brennholz durch Mittheilung von einem schon brennenden Körper; bei den sogenannten chemischen Feuerzeugen, wo mit chlorigsaurem Kali versehene Schwefelhölzchen in Salpetersäure getaucht werden, ist es ein chemischer Proceß, der zur Entzündung die Wärme liefert, beim Feuerschlagen wirkt der Stoß, beim Phosphorzündhölzchen die Reibung, beim pneumatischen Feuerzeuge die Verdichtung der Luft u. s. w.

Der Grad der zum Brennen erforderlichen Temperatur ist, wie der Schmelzpunkt bei den verschiedenen Körpern, eben so verschieden und hängt, wie es den Anschein hat, keineswegs von der größern oder geringeren Verwandschaft der Körper zum Sauerstoffe der Luft ab. So reicht schon

die gewöhnliche Temperatur der Luft hin, Phosphorwasserstoffgas zu entzünden; Phosphor selbst brennt schon bei + 30° R, eine Wachskerze aber erst bei + 240° R. Nur das Eine wissen wir über ihn mit Bestimmtheit anzugeben, daß er in manchen Fällen durch die mechanische Zertheilung der brennbaren Körper bedingt wird. So brennen Hobelspäne äußerst leicht. Wachs, Oel und Unschlitt lassen sich in Massen nur schwer entzünden, wohl aber in kleinen Mengen.

So wie aber ein brennbarer Körper erst bei einer gewissen Temperatur brennt, so kann derselbe auch wieder ausgelöscht werden, wenn man ihn unter die zu seiner Verbrennung erforderliche Temperatur abkühlt. Eine glühende Kohle, die wir auf kaltes Eisen legen, so wie ein brennendes Talglicht, das wir zum größten Theil in Eis und Schnee stecken, erlöschen beide gar frühe. Beim Ausblasen eines Lichtes kühlt man die den Docht umgebenden, brennenden Gasarten, indem man sie zerstreut und in vielfache Berührung mit einer bedeutenden Menge kalter Luft setzt, unter die zu ihrem Fortbrennen erforderliche Temperatur ab. Durch das Hineinhalten solcher Körper, welche die Hitze gerne annehmen, in brennende Gasarten kann man dieselben so stark abkühlen, daß sie die zum Fortbrennen nöthige Temperatur nicht mehr besitzen und erlöschen, wie wir später bei Erwähnung einer äußerst segensreichen Erfindung sehen werden.

Brennen die Körper einmal, so entwickeln sie durch ihr Verbrennen selbst in den meisten Fällen so viel Wärme als nöthig ist, sie auf dem dazu erforderlichen Temperaturgrade erhitzt zu erhalten, und man hat zum Fortbestehen des Brennens der Körper nur darauf zu sehen, den brennenden Körper hinreichend mit atmosph. Luft zu versehen. Die Verbrennung erfolgt desto rascher, in je reicherem Maaße die atmosph. Luft und mit ihr der Sauerstoff dem brennenden Körper zugeführt wird, so daß derselbe in einer gegebenen Zeit mit eben so viel Sauerstoff in Berührung kommt als ob er in reinem Sauerstoffgase verbrannt würde. In diesem finden aber alle Verbrennungserscheinungen mit großem Glanze und erhöhter Wärmeentwicklung statt. Viele Körper, wie Feuerschwamm, welche in der gewöhnlichen Luft nur glimmen, verbrennen im reinen Sauerstoffgase mit lebhafter Flamme und einem die Augen blendenden Glanze, und die Wärmeentwicklung ist in diesem Gase so groß, daß eine durch glühenden Schwamm in Brand gesteckte Uhrfeder mit raschem Funkensprühen verbrennt und der Demant sich verflüchtigt, ohne eine Spur von Asche zurück zu lassen, wozu ein Hitzgrad nothwendig ist, der durch das stärkste Ofenfeuer nicht erreicht wird. Entzündet man im abgeschlossenen Raume einen brenn-

baren Körper, so kann dessen Brennen nur so lange dauern, bis der in diesem Raume enthaltene Sauerstoff verzehrt ist; alsdann muß er erlöschen. In einem luftleeren Raume findet gar kein Brennen statt.

Die Zuführung einer gewissen Menge Luft zum brennenden Körper wird durch diesen selbst bedingt, indem die erwärmte und ihres Sauerstoffs beraubte Luft in die Höhe steigen und der dadurch entstehende leere Raum durch von Unten nachstürzende kältere, sauerstoffhaltige Luft erfüllt werden muß. Allein in vielen Fällen genügt diese Luftströmung nicht, dem Verbrennungsproceß die nöthige Lebhaftigkeit zu verleihen und man sucht eine künstliche herbei zu schaffen durch Blasebälge und besonders durch Zugröhren, so daß die Kenntniß, zweckmäßige Feuerstätten und Oefen zu bauen hauptsächlich darauf beruht, sie so anzulegen, daß die erhitzte Luft ungehindert und schnell aufsteigen und durch sauerstoffhaltige Luft ersetzt werden und so eine mehr vollkommene Verzehrung der Brennmaterialien erfolgen kann. Wie dieß nach allgemeinen Regeln am Besten zu bewerkstelligen ist, werden wir später erfahren.

Die Verbrennung der Körper selbst erfolgt entweder mit oder ohne Flamme. Ist der brennbare Körper schon an und für sich gasförmig, oder besteht er zum Theil aus Materie, welche in erhöhter Temperatur in den ausdehnsamen Zustand übergeht, d. h. wird er in brennbare Gasarten zersetzt, die in Dunstgestalt in die Höhe steigen, wie es bei dem Holze der Fall ist, so geschieht seine Verbrennung mit Flamme und letztere ist weiter nichts als glühendes, leuchtendes Gas. Alle anderen Körper, welche bei ihrer Zersetzung keine flüchtigen Bestandtheile liefern und fast nur Kohlenstoff, wenig Wasserstoff enthalten, wie reine Holzkohle, kommen blos zum Glühen, und es läßt sich aus ihnen nur Flammfeuer darstellen, wenn man ihnen wasserstoffhaltige Körper zusetzt, wie z. B. der Koch zu thun gewohnt ist, wenn er Butter in glühende Kohlen wirft, um schnell auflodernes Feuer zu erhalten, oder der Feuerarbeiter, wenn er die glühenden Kohlen mit Wasser benetzt. Eine glimmende Kohle kann man durch heftiges Anblasen nicht auslöschen, wie es bei einem brennenden Stück Holz der Fall ist, weil der brennbare Körper kein Gas ist, welches zerstreut und dadurch abgekühlt werden kann.

Die einfachste Flamme bildet ein Strom von brennendem Wasserstoffgas und die nähere Betrachtung einer solchen Flamme führt uns zu der Bemerkung, daß dieselbe aus einem inneren, nicht leuchtenden Theile oder dem unvermischt ausströmenden Gase und einem äußeren Theile, welcher diesen wie eine leuchtende Hülle umgibt, besteht. Der innere Theil leuchtet nicht, wie man am besten sieht, wenn man ein feines Drahtnetz horizontal

durch die Flamme hält, wo alsdann ein dunkler Kreis entsteht, der von einem glühenden, leuchtenden Ringe umgeben ist. Dieser dunkle Kern der Flamme ist wohl durch seine Hitze im Stande, selbst sehr brennbare Körper, wie z. B. Phosphor, welchen man in ihn bringt, zu schmelzen, aber nicht zu entzünden. Nur der äußere Theil der Flamme leuchtet, denn ja nur an der Oberfläche des Gasstromes können sich die Sauerstofftheilchen der Luft mit dem Wasserstoffe verbinden, und da die heißere Luft am oberen Theil der Flamme schneller aufsteigt, als die kältere, welche Unten zuströmt, so entsteht ein Druck von der Seite und verursacht die zugespitzte Gestalt der Flamme. Was von dieser Flamme gilt, das gilt von jeder andern, z. B. unseren gewöhnlichen Weingeistlampen, nur daß sich hier merklicher in der Mitte ein dunkler Kern aus, von der Berührung mit der atmosph. Luft abgesperrten und zwar unverbrannten Gasarten befindet, wofür unter Anderem das spricht, daß man bei einer solchen Lampe den Docht zu erneuern nicht nöthig hat. Rings um diesen Kern herum verbrennt der Wasserstoff und bildet den leuchtendsten Theil der Flamme, und um diesen verbrennt in einer schwächer leuchtenden Hülle der Kohlenstoff und bildet ihren heißesten Theil. Am untersten Theil der Flamme, wo vermöge des nach Oben gehenden kälteren Luftstroms die geringste Erhitzung und die zerstörende Zersetzung des fetten Körpers in unseren Lichtern und Lampen erst statt hat, erfolgt auch die Verbrennung weniger lebhaft und daher die blaue Farbe der Flamme, welche wir daselbst bemerken. Diese tritt in einem um so größeren Maaße auf, je unvollständiger die Verbrennung am unteren Theil der Flamme vor sich geht, wie wir an unseren Wachs- und Talglichtern und Oellampen zu bemerken Gelegenheit haben. In der Spitze der Flamme geht die Verbrennung am lebhaftesten vor sich und ist stets die Hauptwärme vereinigt, daher sie stets so geleitet werden muß, daß sie mit allem Nachdruck auf die zu erwärmenden oder erhitzenden Körper einwirken kann.

Das Leuchtvermögen der Flammen beruht keineswegs darauf, daß die Verbrennung so vollständig als möglich erfolgt, sondern vielmehr darauf, daß sich in ihnen ein feuerbeständiger Körper in starrem Zustande glühend befindet. Dieser Körper muß in der Flamme entweder bleibend vorhanden seyn, oder das Gas muß, ehe es brennt, ihn absetzen, oder die Verbrennung muß ihn selbst erzeugen. In dem oberen leuchtenden Theile unserer Lichter und Lampen befindet sich starre, glühende Kohle. Die oben erwähnte große Leuchtkraft des im reinen Sauerstoffgase brennenden Phosphors rührt von der festen Phosphorsäure her, welche durch die Verbrennung erzeugt und

in glühendem Zustande in der Flamme erhalten wird. Man bringt öfters feste Körper in die Flamme, welche glühend werden, um die Lebhaftigkeit ihres Lichtes zu vermehren. Das Leuchtvermögen der Flamme und die Hitze, welche sie gibt, stehen dabei in keiner unmittelbaren Beziehung, so daß also keineswegs die hellste Flamme auch die größte Hitze spendet. Die bedeutendste Hitze, welche man durch Verbrennung hervorbringen kann, wird durch Knallgas (ein Gemenge von zwei Raumtheilen Wasserstoffgas und einem Raumtheil Sauerstoffgas) erzeugt. Und doch ist die Flamme dieses Gases kaum am Tageslicht sichtbar; wird aber so stark leuchtend, daß das Auge von dem Glanz geblendet wird, so bald man irgend einen feuerbeständigen Körper, wie Platindraht, Kalkkügelchen ꝛc. hineinbringt. Die Farben der Flammen entstehen wohl daher, daß ein in die Flammen gebrachter Körper verbrennliche Materialien hergibt, welche glühen und mit verbrennen.

Bei unseren gewöhnlichen Flammfeuern, wie sie zur Heizung verwendet werden, findet nie vollständige Verbrennung der brennbaren Stoffe statt, und außer den eigentlichen Produkten der Verbrennung, die in Wasser und kohlensaurem Gase bestehen, werden eine Menge Körpertheilchen, welche während die übrigen flammen, die zu ihrer Verbrennung nöthige Erhitzung nicht erlangen, verflüchtigt und entweichen als Rauch. Dieser besteht größtentheils aus brandigem Oel (Theer), Kohlenstoff (Ruß) und Essigsäure, von welch letzterer der Reitz herrührt, den der Rauch den Augen verursacht, — lauter brennbare Körper, die sich erkaltend in die Luft zerstreuen und darin andere Verbindungen eingehen. So werden die öligen und harzigen Theile gar bald durch die Kälte der Luft verdichtet und setzen sich an den nächst besten Körpern als sog. Flatter- und Glanzruß an. Je unvollkommner die Verbrennung vor sich geht, um so mehr Rauch entwickelt sich, was wir am Besten sehen, wenn man feuchtes Brennmaterial über Glimmfeuer anhäuft.

Der erdige Rückstand, den die mit Flamme verbrennenden Körper nach dem Niederbrennen und Verglimmen zurück lassen, heißt Asche, welche nach den neuesten Entdeckungen nicht in erdiger Form, sondern metallisch in den unverbrannten Körpern enthalten ist, durch Glimmen der Kohlen aber in verbranntes Metall (Metalloxyd) verwandelt wird.

Schließlich ist hinsichtlich des Verbrennungsprocesses noch der Mittel zu gedenken, wodurch derselbe unterdrückt werden kann, der Feuerlöschung. Die einfachste und sicherste Weise besteht natürlich im Entfernen des Brennbaren, also beim Hausbrande im Abreißen der zunächst dem

Feuer preis gegebenen Gegenstände. Aber freilich scheut man sich zu zerstören, was vielleicht gerettet werden könnte und deßhalb muß richtige Beurtheilung der Größe der Gefahr und der zu Gebote stehenden Mittel entscheiden, ob man zum Abreißen seine Zuflucht nehmen soll. Dabei darf man als Grundsatz annehmen, daß jedes Bestreben, gegen die Natur anzukämpfen, fruchtlos ist, wenn stark bewegte Luft das Feuer anfacht, weßhalb bei heftigem Winde und drohender Richtung desselben das Abreißen der Nebengebäude stets zur Pflicht wird, als das einzige Mittel, noch größerem, unberechenbarem Unheil vor zu beugen. Die Mittel zur Löschung des Feuers geben sich uns aus den bekannten Bedingungen zum Fortbrennen der Körper von selbst an die Hand und bestehen einfach darin, daß man entweder den Zutritt sauerstoffhaltiger Luft zum brennenden Körper verhindert, oder daß man letzteren unter die zu seiner Verbrennung erforderliche Temperatur abkühlt, oder noch besser, daß man beides zugleich bewirkt. Wird in einem über Feuer befindlichen Gefäße Fett, Oel ꝛc. brennend, so bringt man schnell eine Decke auf die Oeffnung des Gefäßes und das Brennen ist aus Mangel an Luft sogleich unterdrückt. Mit Wasser lassen sich in Brand gerathene Fettigkeiten nicht löschen, weil letztere ja auf dem Wasser schwimmen, dagegen löscht Wasser brennendes Holz aus, nicht nur, weil es den freien Zutritt der atmosph. Luft zum Holze abhält, sondern demselben auch die zum Fortbrennen nöthige Temperatur entzieht, indem es in den gasförmigen Zustand übergeht, wobei es bekanntlich sehr viel Wärme bindet. Daher das Wasser, wie wir alle wissen, sich als ein so vortreffliches Mittel zum Feuerlöschen bewährt. Wenig Wasser bei großem Feuer hilft jedoch nicht nur nichts, sonder verstärkt noch die Verbrennung. Das Wasser wird alsdann nämlich in seine Bestandtheile zerlegt, von denen der Wasserstoff selbst brennbar ist und bei seinem Verbrennen eine ungeheure Hitze entwickelt, der Sauerstoff aber das Verbrennen im hohen Maaße begünstiget. Am Besten ist es, das Wasser, welches in Menge zu Gebote steht, so anzuwenden, daß die Grenzen des Feuers immer mehr mit Wasserdämpfen umgeben und verengert werden; daher wiederholtes Bespritzen der nächsten Umgebung der brennenden Körper. Das Löschen des Feuers selbst fängt man von Unten an, oder man wendet das Wasser zuerst vorzüglich da an, wo das Feuer seinen Ursprung hat, denn Nichts ist thörichter, als bei Feuersbrünsten den Wasserstrahl mitten in die Flamme zu leiten. Nicht selten sucht man auch einen brennenden Körper, um ihn auszulöschen, in Luftarten zu bringen, welche theils keinen Sauerstoff enthalten, theils nicht im Stande sind, welchen an den brennenden Körper

abzutreten. Auf diese Weise kann man einen Schornsteinbrand durch Verbrennen von Schwefel, also durch Entwicklung von schweflichsaurem Gas, auslöschen, oder durch Verpuffung von Pulver, indem man ein Gewehr in den Kamin abschießt, wobei die entwickelten Gasarten keinen Sauerstoff zur Nahrung des Feuers hergeben. Noch mehr als bloßes Wasser leistet zum Feuerlöschen Wasser, in welchem Kochsalz oder salzsaurer Kalk aufgelöst oder Lehm und Thon zerrührt ist, weil solche Lösungen auf dem brennenden Körper einen Ueberzug bilden, der, so lange er nicht durch Erhitzung abspringt, der Luft den Zutritt zum Körper versagt. Allein die Anwendung der ersteren Mittel ist im Großen zu kostspielig; durch Wasser aber, in welchem Lehm, Thon ꝛc. gerührt ist, werden die Spritzenröhren verstopft. Auf obigem Vorzug der Lösungen beruht auch die Anwendung einiger Salze zu Firnissen über Holzwerk, Leinwand, Papier ꝛc., um sie unverbrennlich zu machen, z. B. des Borars und Salmiaks, des Alauns, des Wasserglases ꝛc. Diese Substanzen zerschmelzen in der Hitze und bilden dann einen dichten, glasartigen Ueberzug über die mit ihnen angestrichenen Körper, halten so die Luft ab und verhindern die Verbrennung, machen aber eine Verkohlung nicht unmöglich. Schließlich ist noch eines der neuesten Mittel zum Löschen des Feuers zu gedenken, das darin besteht, daß man die brennenden Körper mit Häckerlingen dicht überschüttet. Eine Decke dieser leichten, anscheinend so sehr entzündlichen Substanz genügt, den Zutritt der äußeren, sauerstoffhaltigen Luft zu den brennenden Körpern, von denen ohnehin die Luft und die Flamme auffsteigt, zu hindern, wodurch das bestehende Verbrennen vermindert oder aufgehoben wird. Außerdem ist zwar diese löschende Substanz leicht verbrennlich, allein jedes einzelne Stückchen muß doch zuvor die erforderliche Hitze erhalten, ehe es sich entzünden kann, und da bei den zahllosen Stückchen die Summe der Oberflächen sehr groß ist, die brennende Masse der einzelnen entzündeten aber sehr klein, so wird hiedurch keine hinlängliche Menge Wärme zur gleichzeitigen Entzündung vieler entwickelt.

b) Aenderung des Aggregatzustandes der tropfbar flüssigen Körper durch Erwärmung.

Wird einem tropfbar flüssigen Körper der Wärmestoff, dessen ausdehnende Kraft wir aus dem Vorhergehenden bereits kennen gelernt, in hinreichendem Maaße zugeführt, so erleiden dessen Theile eine so große Ausdehnung, daß sie in eine Art Auflösung kommen und dann in unsichtbarer Gestalt als diejenige elastische Flüssigkeit davon fliegen, welche wir Dampf

nennen. Von der Flüssigkeit selbst, die durch schnelle Wärmezuführung diese Verwandlung in einen gasförmigen Körper erleidet und zwar nicht blos an ihrer freien Oberfläche, sondern auch in ihrem Innern, sagt man, daß sie siedet oder kocht, was sie durch ihre wallende und zischende Bewegung verräth, zum Unterschiede von jener Flüssigkeit, die sich zwar auch durch zugeführte Wärme in einen elastischen Körper verwandelt, diese Veränderung aber bei allmähliger Wärmezunahme unmerkbar nur an ihrer freien Oberfläche erleidet, was man verdunsten oder verflüchtigen heißt. Mit dieser Unterscheidung hängt nun ferner zusammen, daß man Dunst zur Unterscheidung von Dampf die durch gelinde Wärme gebildeten und fortgeführten, höchst feinen elastischen und völlig durchsichtigen Flüssigkeitstheilchen nennt, wogegen man unter Dampf die durch bedeutende Hitze erzeugten fortfliegenden, größeren oder kleineren, einzeln durchsichtigen, in größeren Massen aber undurchsichtigen Bläschen versteht. Beide elastischen Körper lassen sich, wie wir bereits schon früher erwähnten, durch Druck und Kälte wieder in den flüssigen Zustand zurück führen und unterscheiden sich dadurch von den andern elastisch flüssigen Körpern, den Gas- oder Luftarten, deren Theilchen sich in dem völlig ausdehnsamen, losesten Zusammenhang befinden, völlig durchsichtig sind und nur durch große Hilfsmittel theilweise wieder in den flüssigen Zustand zurück geführt werden können.

Was nun den zum Uebergang der tropfbar flüssigen Körper in den ausdehnsamen Zustand nöthigen Temperaturgrad betrifft, so erfolgt die Verdunstung bei dem einen Körper leichter als bei dem andern und zwar um so leichter und lebhafter, je weniger warm die Körper bei ihrem Kochen sind, allein bei so niedriger Temperatur, daß sogar manche feste Körper, wie z. B. Eis, Kampher bei einer Temperatur Dünste liefern, bei welcher sie nicht einmal tropfbar werden können. Ja die Verdunstung des Eises ist weit stärker, als man gewöhnlich glaubt und betrug z. B. im Monat Januar 1826 bei einer mittleren Temperatur von — 6° R und in ganz trockener Luft den sechsten Theil eines Zolls. Die Verdunstung des Schnees ist noch stärker als die des Eises und hieraus läßt sich erklären, wie es zugeht, daß bei starker Kälte gefallener feiner Schnee, wenn heiteres Wetter und Sonnenschein folgt, bei kalter und trockener Luft so stark verdunstet, daß er beim Schmelzen nur wenig Wasser gibt. Immerhin gibt es aber für jede Flüssigkeit eine Temperatur, unter welcher sie nimmermehr verdunstet. (Verdunstungspunkt wie Schmelzpunkt.) Die Verdampfung einer Flüssigkeit erfolgt erst dann, wenn dieselbe ihren Siede-

punkt erreicht hat, welcher gleichfalls bei den verschiedenen Körpern bald höher, bald tiefer liegt, allein wie der Schmelzpunkt beim Uebergang der festen Körper in den flüssigen Zustand die merkwürdige Eigenschaft hat, daß er bei jedem Körper fest und unveränderlich ist, unter welchen Bedingungen auch das Sieden oder Kochen der Flüssigkeit vor sich gehen mag. Erst nachdem die Flüssigkeit diese Temperatur erreicht hat, fängt sie an zu sieden, vorausgesetzt, daß der Druck der Luft auf die erwärmte Flüssigkeit, den wir schon im Allgemeinen früher kennen lernten und dessen Einfluß wir später näher betrachten werden, in dem einen Falle so groß wie in dem andern ist, d. h. daß die Flüssigkeit bei gleichem Barometerstande zum Sieden gebracht wird. So siedet z. B. bei einem Barometerstande von 28 par. Zoll reines Wasser bei + 80° R, Quecksilber bei + 285°, Leinöl bei + 253°, Schwefeläther bei + 32°, reiner Alkohol bei + 63°, Steinöl bei + 68°, Naphta bei + 68°. Essig bei mehr als + 80°, Terpentin bei + 234°, Schwefelsäure bei + 240° R, und so muß jede Flüssigkeit auf eine gewisse Temperatur gebracht seyn, bevor die Erscheinungen des Siedens bei ihr eintreten.

Allein nicht genug, daß die flüssigen Körper bei ihrem Uebergange in den ausdehnsamen Zustand diesen unveränderlichen Punkt mit den festen Körpern bei ihrem Schmelzen gemein haben, auch die andere merkwürdige Eigenschaft theilen sie mit diesen, daß nämlich während der ganzen Zeit ihres Siedens keine Temperaturerhöhung der Flüssigkeit statt findet und alle letzterer zugeführte Wärme blos zur Verwandlung der Flüssigkeit in Dampf verwendet wird. Man nennt diese beim Uebergang der Körper aus dem tropfbar flüssigen in den elastisch flüssigen Zustand verbrauchte Wärmemenge, in so fern sie für das Gefühl und das Thermometer verschwunden ist, gleichfalls verborgene (latente) Wärme, welche von den Dämpfen gebunden wird.

Von letzt genannter Eigenschaft kann man sich leicht durch nachstehenden Versuch überzeugen. Bringt man ein offenes Gefäß voll reinen Wassers über eine brennende Spirituslampe, so wird das in die Flüssigkeit getauchte Thermometer fortwährend steigen, bis durch die ganze Wassermasse hindurch sich Blasen zu bilden anfangen und das Wasser ins Kochen geräth. Wenn dieses eintritt, zeigt das Thermometer bei einem Barometerstande von 28 par. Zoll genau + 80° R, und bei diesem Hitzgrade bleibt es stehen, wie sehr man auch das Feuer verstärken und dadurch das Wasser zu einem heftigeren Aufwallen und schnelleren Verdampfen bringen mag, bis alles Wasser sich in Dampf aufgelöst hat. Auch das Gefäß hat bis

zu diesem Punkte keine höhere Temperatur, als + 80° R erreicht, und erst von nun an, nachdem kein Wasser mehr zum Auflösen vorhanden ist, steigt bei fortgesetzter Erwärmung die Temperatur des Gefäßes.

Aehnliche Erscheinungen gewahren wir immer, so oft ein tropfbar flüssiger Körper durch die Wärme ausdehnsame (elastische) Form erhält, und Bezugs der hiezu erforderlichen Wärme läßt sich nun der Satz aufstellen:

Bei dem Uebergange eines Körpers aus dem tropfbar flüssigen in den ausdehnsamen Zustand, gleich viel ob durch Verdampfen oder durch Verdunsten, wird Wärme gebunden, d. h. verschwindet eine Menge Wärme für das Gefühl und das Thermometer und zwar eine weit größere, als wenn feste Körper flüssig werden, und da diese der Umgebung entzogen wird, so wird solche dadurch abgekühlt.

So sinkt das Thermometer, wenn wir dessen Kugel mit Baumwolle umhüllen und letztere mit einer leicht verdunstenden Flüssigkeit, z. B. mit Schwefeläther, befeuchten, vermöge der durch die Verdunstung gebundenen Wärme um mehrere, selbst 20 Grade. Glühendes Eisen, in Wasser eingetaucht, wird fast augenblicklich abgekühlt, indem es seine Wärme hergibt, die Theile der Flüssigkeit, welche es umgeben, zu verflüchtigen. Steigen wir aus dem Bade und trocknen uns nicht sogleich ab, so friert uns, obgleich die Temperatur der Luft hoch steht. Man sprengt Zimmer und Strassen an heißen Sommertagen, um die Hitze zu mildern. Nach starker Transspiration beeile man sich, die Leibwäsche zu wechseln, damit nicht durch das Verdunsten des Schweißes dem Körper zu viel Wärme entzogen wird. Nasse Kleider lasse man ja nicht auf dem Leibe trocken werden; ist man aber außer Stand sie zu wechseln, so suche man durch rasche und lebhafte Bewegung die durch die Verdunstung des Wassers dem Körper entzogene Wärme zu ersetzen.

Körper, die überhaupt durch die Wärme zum Verdunsten und Verdampfen kommen, werden flüchtig genannt, zum Unterschiede von den feuerbeständigen oder fixen, bei denen dieß nicht der Fall ist. Im strengsten Sinne feuerbeständig dürfte wohl kein Körper seyn, da wohl jeder bei genugsam erhöhter Temperatur verflüchtigt werden kann; allein man gebraucht diesen Ausdruck meistens in Beziehung auf gewisse Hitzgrade, welche durch die gewöhnlichen Mittel hervorgebracht werden, und nur in solcher Beziehung heißen Platin, Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Nickel rc. feuerbeständig. Leichtflüssig nennt man diejenigen Körper, welche schon

bei geringen Hitzgraden verdunsten und verdampfen, als da sind Wasser, Weingeist, Schwefeläther, brandige und ätherische Oele, Essigsäure ꝛc., Schwerflüchtig dagegen, welche nur bei höheren Hitzgraden Dampfform annehmen, wozu Quecksilber, Zink, Wismuth, Salmiak, Schwefelsäure, fette Oele ꝛc. gehören. An sich flüchtige Körper werden schwerflüchtig, wenn sie mit feuerbeständigen verbunden sind, zu denen sie eine stärkere chemische Anziehung haben als zum Wärmestoff. Dagegen können feuerbeständige durch flüchtige, von denen sie stark angezogen werden, im Dampfe mit fortgeführt werden, was man Mitverflüchtigung nennt. So werden alle Metalle durch Salmiak verflüchtigt, viele auch durch Schwefel und Wasserstoffgas, auf welche Weise die metallischen Schwaden entstehen. Die chemische Anziehung gemischter Körper macht sich hier überhaupt bei der zum Verdampfen nöthigen Temperatur geltend und stets wird der Siedepunkt einer Flüssigkeit erhöht, wenn sie mit einer anderen vermischt ist, die erst bei einer anderen höheren Temperatur siedet. So siedet z. B. Wasser in Verbindung mit Schwefelsäure schwerer als reines Wasser, Weingeist mit Wasser gemischt schwerer als Alkohol, bei allen wässerigen Salzauflösungen liegt der Siedepunkt höher als bei reinem Wasser.

c) Aenderung des Aggregatzustandes der elastisch flüssigen Körper durch Abkühlung.

Die Aenderung, welche die elastisch flüssigen Körper durch Abkühlung erfahren, besteht darin, daß sie wieder in den tropfbar flüssigen oder selbst festen Zustand zurück gehen, aus dem sie sich mittelst der Wärme gebildet haben. Haucht man ein blankes, kaltes Stück Metall stark an, so läuft es an, d. h. es schlagen sich die ausgeathmeten Wasserdünste an ihm als Wasser nieder und es verliert dadurch seinen Glanz. Kommt man bei strenger Witterung mit der Brille auf der Nase vom Freien in ein warmes Zimmer, so schlagen sich die in der Zimmerluft befindlichen Wasserdünste an der Brille überhaupt, besonders aber an deren Gläsern, als eine dünne Schicht Wasser nieder und verwehren uns den Gebrauch der Brille so lange, bis diese Schicht entweder durch Abtrocknen mittelst eines Tuchlappens oder durch Verdunsten entfernt ist. Eben so erfolgt in einem warmen Zimmer, zumal wenn dasselbe von vielen Personen bewohnt wird oder wenn in demselben, wie es auf dem Lande der Fall ist, Wasser zum Sieden in den sogenannten Ofentöpfen (eiserne Töpfe, die in dem Ofen eingemauert sind) kommt, ein Niederschlag der Wasserdünste an den von Außen her stark abgekühlten Fensterscheiben als tropfbar flüssiges Wasser,

das bei dem nöthigen Grad von Kälte selbst zum Gefrieren kommt und uns jene schönen Eisblumen in den herrlichsten und vielfachsten Bildungen gibt. Eine gleiche Bewandtniß hat es überhaupt mit der Entstehung des Thaues und Reifs und mit vielen andern Erscheinungen, die wir im Luftkreise wahrnehmen und wobei bald die Vermehrung, bald die Verminderung der Wärme die wichtigsten Veränderungen veranlaßt, wie wir später noch näher erfahren werden. Auch das Anlegen des Russes in den Kaminen und des sogenannten Ofenbruchs in den Schmelzöfen gehört hieher, und die Kunst bedient sich der erwähnten Eigenschaft der flüssigen Körper, sich bei bestimmten Wärmegraden in Dampf zu verwandeln und bei geringerer Wärme wieder als tropfbare Flüssigkeit nieder zu schlagen, in gar vielen Fällen, unter anderen hauptsächlich dazu, um flüchtige Stoffe von weniger flüchtigen oder selbst feuerbeständigen zu trennen.

Was nun den Uebergang der elastisch flüssigen Körper in den tropfbar flüssigen Zustand weiter betrifft, so findet derselbe jedoch nicht bei einem bestimmten Temperaturgrade statt, wie dieß bei der Verwandlung aus der tropfbar flüssigen Form in die ausdehnsame der Fall ist, sondern kann bei jeder Wärmeentziehung erfolgen, gleichwie die Verdunstung in jeder Temperatur vor sich geht. Ob aber, möchten wir fragen, bei diesem Uebergange nicht die bedeutende Menge Wärme, die wir die Körper bei ihrer Verwandlung von dem flüssigen in den ausdehnsamen Zustand binden oder gleichsam verschlucken sahen, wieder zum Vorschein kommt? Dem ist in der That also, wie wir leicht aus nachstehendem Versuch erkennen werden.

Füllt man das am Ende einer langen, zweimal gebogenen Glasröhre befindliche Gefäß **a** mit Wasser und bringt letzteres über einer Spirituslampe **b** zum Kochen, so währt es nicht lange und es treten aus dem offenen Ende der Röhre Wasserdämpfe heraus. Läßt man nun diese in einem cylinderförmigen Gefäß **c**, das bis zu einer bestimmten Höhe, hier beispielweise bis zu **11** Zoll, mit Wasser von **0° R** angefüllt ist, durch die fast bis zum Boden des Gefäßes hinabreichende Röhre ins Wasser treten, so werden sie natürlich daselbst verdichtet, so bald sie mit dem kalten Wasser in Berührung kommen, das Wasser im Cylinder wird dadurch aber von Sekunde zu Sekunde wärmer und erreicht endlich eine Temperatur von + **80° R**, d. h. fängt an zu sieden. Sobald dieses eintritt, entfernt man die Glasröhre vom cylindrischen Gefäß und mißt hernach, wenn die Umbildung aller Dämpfe erfolgt ist, wie hoch nun das Wasser im Cylinder steht. Statt **11** Zoll steht es **13** Zoll hoch, oder die Wasser-

menge im Cylinder hat um 2 Zoll zugenommen. Erwägt man nun: 1) daß die neu hinzugekommene Wassermenge zu der bereits vorhanden gewesenen wie 2 zu 11 oder wie 1 zu $5^1/_2$ sich verhält; 2) daß sie als Dampf von der Temperatur + 80° R aus a nach c übergegangen ist und 3) daß sie, ohne selbst nur das Geringste von ihrer früheren Hitze zu verlieren, das eiskalte Wasser in c zum Kochen gebracht hat, so darf man keinen Augenblick daran zweifeln, daß ein Pfund Wasserdampf von + 80° R ausreicht, $5^1/_2$ Pfund Wasser von 0° R in den kochenden Zustand zu versetzen, oder daß man zur Verwandlung eines Pfundes Wasser in Dampf eben so viel Wärme nöthig hat als zur Erwärmung $5^1/_2$ Pfunde Wasser von 0° auf + 80° R. Ein Pfund Wasser von + 80° würde die Temperatur von $5^1/_2$ Pfund Wasser von 0° nicht mehr als um $12^1/_3$° erhöhen und selbst $5^1/_2$ Pfund Wasser von + 80° R würden bei der Mischung mit $5^1/_2$ Pfund Wasser von 0° nur eine mittlere Temperatur von nahe + 40° R hervorbringen; man sieht also, daß die bedeutende Temperaturerhöhung, welche der Wasserdampf erzeugt, lediglich dem Freigeben der bedeutenden Menge Wärme, die das Wasser bei seinem Uebergange aus dem flüssigen in den elastischen Zustand band, zuzuschreiben ist. Und da wir ähnliche Erscheinungen wie bei dem Wasser und den aus dem Wasser entwickelten Dämpfen auch bei anderen ausdehnsamen Flüssigkeiten, wenn sie in den tropfbar flüssigen Zustand übergehen, wahrnehmen, so läßt sich Bezugs dieser Aggregatsform-Veränderung folgendes allgemeine Gesetz aufstellen:

Bei dem Uebergange eines Körpers aus dem ausdehnsamen oder elastisch flüssigen Zustande in den tropfbaren tritt allezeit für das Gefühl und Thermometer eine gewisse Menge Wärme wieder hervor, wird eine gewisse Menge Wärme frei.

Dieser frei gewordenen Wärme besonders beim Uebergang der Wasserdämpfe in tropfbar flüssiges Wasser bedient man sich nun zum Erwärmen, Trocknen, Heitzen von Zimmern, zum Kochen u. s. w., und diese Anwendung wird vorzüglich da vortheilhaft, wo irgend eine Art von Fabrikation das Hervorgehen von Dämpfen bewirkt und man daher keinen eigenen Aufwand von Brennmaterial zur Erwärmung nöthig hat. Der hohe Temperaturgrad, den der Deckel eines Topfes erreicht, wenn die an ihm haftenden Wasserdämpfe sich verdichten und zu Wasser bilden, mag zuerst darauf geführt haben. Wir werden in der Folge noch öfter Gelegen-

heit haben, auf die Anwendung des obigen Gesetzes aufmerksam zu machen; zunächst erwähnen wir schließlich noch

d) Die Aenderung des Aggregatzustandes der tropfbar flüssigen Körper durch Abkühlung.

Wird dem tropfbar flüssigen Körper die zum Bestehen in tropfbar flüssiger Form erforderliche Wärme auf irgend eine Weise wieder entzogen, so kehrt bei ihm der Zustand der Festigkeit zurück, welches man Gestehen oder Festwerden heißt von den Körpern, welche über dem Schmelzpunkt des Eises flüssig werden, gefrieren, die bei oder unter diesem Punkte in den Zustand der Festigkeit übergehen. Dieses Festwerden flüssiger Körper ist der Regel nach mit Zusammenziehung in einen engeren Raum verbunden, was uns ganz naturgemäß erscheinen muß, da wir beim Schmelzen der festen Körper die größere Ausdehnung derselben bereits nachgewiesen haben, zumal wenn der erstarrende Körper gleichförmige Dichtigkeit beibehält. So füllen z. B. gegossene Kugeln aus Blei unmittelbar nach dem Erstarren die Form nicht mehr völlig aus. Seife, Schmalz und Wachs schrumpfen im Gestehen ein. Gegossene Lichter ziehen sich von der Form ab und können, wenn sie völlig erstarrt sind, durch gelinden Druck tiefer in die spitz, wie ein Zuckerhut, zulaufende Form hinabgeschoben werden. Als Ausnahme von dieser Regel gilt die bereits erwähnte Ausdehnung des gefrierenden Wassers, welche in Folge der beim Gefrieren eintretenden Krystallisation statt findet. Wo diese eintritt, erfolgt auch bei anderen flüssigen Körpern bei ihrem Uebergange in die feste Form keine Verkleinerung ihres Rauminhalts, sondern vielmehr eine, wenn auch geringe, Vergrößerung. Dieß ist unter Anderem der Fall bei Gußeisen, Wismuth und Schwefel, welche Körper sich deßhalb auch besonders als Material zur Gießerei eignen, indem sie sich beim Erstarren nicht von der Form abziehen, vielmehr fest andrücken. Wie das Eis auf dem Wasser, so schwimmt starres Gußeisen auf flüssigem, zum Zeichen, daß von beiden Körpern ein gleiches Gewicht im festen Zustande einen größeren Raum einnimmt als im flüssigen.

Was den festen Punkt betrifft, bei welchem der tropfbar flüssige Körper in den festen Zustand übergeht, so fällt dieser mit dem Punkte, bei welchem der feste Körper flüssig wird, mit dem sogenannten Schmelzpunkte, zusammen, und da überhaupt beim Uebergang der Körper aus dem flüssigen Zustande in den festen nahe dieselben Erscheinungen sich zeigen, wie beim Schmelzen, so kann es sich nicht fehlen, daß bei diesem

Rückgange aus einem feineren in einen gröberen Aggregatzustand alle latente Wärme, welche beim Schmelzen gebunden worden war, wieder frei und für das Gefühl und Thermometer bemerkbar wird, wie es beim Uebergang der Körper aus dem elastisch flüssigen in den tropfbaren Zustand der Fall ist. Ein einfacher Versuch kann uns hievon überzeugen:

Bringt man nämlich an einem windstillen, recht kalten Wintertage ein offenes Gefäß mit Wasser, in welchem ein Thermometer sich befindet, vor das Fenster, so geschieht es nicht selten, daß wir das Thermometer bis auf — 6°, ja selbst bis auf — 12° R sinken und das Wasser also bis zu dieser Temperatur erkalten sehen, ohne daß es gefriert. Erst wenn das Wasser eine Erschütterung erleidet, gefriert die ganze Wassermenge plötzlich, aber in demselben Augenblicke steigt auch das Thermometer auf 0° R. Sicherer gelingt der Versuch, wenn man auf das Wasser im Gefäße eine Schicht Oel bringt, oder das Wasser nur einem schwachen Luft- oder Dampfdrucke aussetzt, was man erreicht, wenn man in einer Glasröhre, welche oben in eine feine Spitze ausgezogen ist, Wasser ins Kochen bringt und wenn man glaubt, daß durch die Dämpfe alle Luft ausgetrieben worden sey, die feine Spitze zuschmelzt. Die Schnelligkeit, mit welcher das Gefrieren unter den obigen Umständen vor sich geht und das Steigen des Thermometers läßt sich dadurch erklären, daß die gebundene Wärme der ersten Wassertheilchen, welche gefrieren, auf die benachbarten, noch flüssigen Theilchen übergeht, die zwar dadurch etwas, jedoch nicht hinreichend erwärmt werden, um nicht zu gefrieren. Von diesen Theilchen geht die gebundene Wärme wieder auf die benachbarten über, mit denen es gleiche Bewandtniß wie mit den vorigen hat u. s. w. und daher das schnelle Festwerden der ganzen Wassermasse und die bedeutende Temperaturerhöhung durch die frei gewordene Wärme.

In vielen Fällen werden wir freilich von diesem Freiwerden gebundener Wärme beim Uebergange der Körper aus dem tropfbar flüssigen in den festen Zustand nichts gewahr und stets ist dieses der Fall, wenn das Festwerden bei der gewöhnlichen Erstarrungstemperatur vor sich geht. Dann beginnt z. B. beim Gefrieren des Wassers bei 0° R das Erstarren in der Regel gleichzeitig an verschiedenen Punkten, und an diesen Stellen geben die zuerst erstarrenden Theilchen ihre latente Wärme an die benachbarten ab, welche dadurch noch eine Zeit lang flüssig erhalten werden. Nun aber pflegen bei dem ungestörten und ungehinderten Uebergange der tropfbar flüssigen Körper in den starren Zustand vermöge einer ihnen einwohnenden Kraft die kleinsten Theilchen der meisten Körper sich so an-

einander zu legen, daß sie bestimmte, von ihrer natürlichen Beschaffenheit abhängige Gestalten annehmen, welchen Vorgang man Krystallisation nennt, und deßhalb beobachtet man im gefrierenden Wasser dünne Eisblättchen und feine Eisnadeln, welche auf mannichfache Weise in der flüssigen Masse gleichsam fortwachsen, bei deren Bildung die latente Wärme nur nach und nach frei und daher fast unmerkbar wird. Ohne die latente Wärme müßte die ganze flüssige Masse, wenn sie bis zur Erstarrungstemperatur erkaltet ist, auf einmal fest werden.

Im Allgemeinen gilt also auch für flüssige Körper die Regel:

Bei dem Uebergange der Körper aus dem tropfbar flüssigen in den festen Zustand tritt eine gewisse Menge Wärme für unser Gefühl und das Thermometer wieder hervor, wird eine gewisse Menge Wärme wieder frei und der Umgebung mitgetheilt.

Sättigt man warmes Wasser mit Glaubersalz und bringt es an einen kühlen Ort, so bleibt es, wenn es ruhig steht, noch lange flüssig und klar, obgleich kaltes Wasser weniger Glaubersalz als warmes aufgelöst enthalten kann. Wirft man nun in die schon sehr erkaltete Glaubersalzauflösung einen Krystall, so erstarrt plötzlich eine gewisse Menge Salz und das in der Flüssigkeit befindliche Thermometer zeigt in demselben Augenblicke eine Temperaturerhöhung von mehreren Graden. Wird ein flüssiger Körper von einem festen eingesogen und so stark angezogen, daß er mit ihm fest wird, so entsteht mehr oder weniger Erhitzung. Es ist der entgegengesetzte Fall vom Zergehen und daher auch die entgegengesetzte Wirkung. Daher die bedeutende Erwärmung des gebrannten Kalks, wenn er mit wenig Wasser langsam begossen wird, und selbst die Glühhitze des frisch gebrannten Kalks bei seinem Benetzen mit warmem Wasser. Gebrannter Salpeter, gebrannter Borax, zerfallener Alaun und zerfallenes Glaubersalz erhitzen sich auf der Zunge, indem sie Wasser zu Krystalleis binden. Wenn die in der Luft befindlichen Wasserdünste durch Temperaturerniedrigung in feste Körper, die äußerst kleine nadelförmige Krystalle, übergehen, die als Schnee zur Erde kommen, so tritt stets eine Erhöhung der Temperatur auf der Erdoberfläche in Folge der bei diesem Uebergange frei werdenden Wärme ein. Diese merkliche Erwärmung der Luft ist dann nicht Ursache, sondern Wirkung des Schneiens, und die sprüchwörtlich gewordene Redensart: „es kann vor Kälte nicht schneien" lautet richtiger also: weil es nicht schneit, ist es nicht warm.

Beim Krystallisiren des Schwefels wird so viel Wärme entbunden,

daß das Thermometer, wenn das Festwerden beginnt, um 8° R wieder steigt und bis zur beendigten Erstarrung auf diesem Punkte verharret.

Sehr wichtig ist der Einfluß der latenten sowohl, als der frei werdenden Wärme beim Schmelzen und Entstehen des Eises. Wenn das Wasser durch eine auf 0° R herabgehende Temperatur ohne Abgabe seiner latenten Wärme gefröre, so würden sofort alle Flüsse und Teiche bei der ersten eintretenden Kälte von 0° R in Eis verwandelt werden und das Wasser wäre nur durch künstliche Heizmittel zu erhalten. So aber gefriert stets nur ein kleiner Theil, während der bei Weitem größere die frei gewordene Wärme aufnimmt, die erzeugte Eisdecke ist außerdem ein schlechter Leiter, durch den die frei gewordene Wärme nicht leicht dringt und so überschreitet die Dicke des Eises in den gemäßigten Erdzonen nie 1 bis 3 Fuß und in den kältesten Regionen der Erde nie 10 bis 12 Fuß. Ein entgegengesetzter großer Nutzen zeigt sich beim Zergehen des Eises. Würde hiebei nicht eine so große Menge Wärme gebunden, so müßte beim Uebergange der Temperatur über den Nullpunkt sofort die gesammte vorhandene Masse von Eis und Schnee in Wasser verwandelt werden und die furchtbarsten Ueberschwemmungn anrichten, die unsere Erde unbewohnbar machten.

Wie bei den elastisch flüssigen Körpern bedient sich auch bei den tropfbar flüssigen die Kunst der oben erwähnten Eigenschaft, sich bei bestimmten Wärmegraden in Dampf zu verwandeln und bei geringerer Wärme als fester Körper zu schlagen, in vielen Fällen, besonders aber, um flüchtigere Körper von minder flüchtigen zu trennen, wie wir später ausführlicher hören werden.

Erst am Schlusse dieses Abschnittes ist man im Stande, die Lösung der Frage zu versuchen, woher denn die Wärme komme, die beim Verbrennen der Körper entwickelt wird? Wie das Verbrennen statt findet, wurde bereits erwähnt, nämlich der durch irgend ein Mittel erwärmte, brennbare Körper, oder vielmehr dessen dadurch hervorgerufene Bestandtheile gehen begierig eine Verbindung mit dem Sauerstoffe der Luft ein, welche den brennbaren Körper umgibt. Die bedeutende Menge Wärme nun, welche erfordert wurde, dem Sauerstoffe die elastische Luftform zu ertheilen und in der gewöhnlichen atmosphärischen Luft als Sauerstoffgas sich zu erhalten, wird bei diesem Rücktritte von dem ausgedehnteren in den weniger ausgedehnten Aggregatszustand wieder frei und daher allein schreibt sich die Wärme, welche wir bei allen solchen Verbindungen des Sauerstoffs, der wägbaren Grundlage der Sauerstoffluft, eintreten sehen.

Zerlegt man z. B. irgend einen fetten Körper, welchen wir zur Hervorbringung von Flammen anwenden, in einem geschlossenen Gefäße in seine Bestandtheile, die Wasserstoffgas, Kohlenstoffgas mit nur wenig Sauerstoffgas sind, so gehört hiezu eine namhafte Hitze. Eben diese Hitze aber reicht hin, wenn sie unter freiem Zutritt des Sauerstoffgases statt findet, um die Verbrennung des Wasserstoffgases, d. h. die Verbindung seines Wasserstoffes mit dem Sauerstoffe, wobei dann Wasserdampf hervorgeht, zu bewirken. Indem so das Sauerstoffgas seinen schweren Bestandtheil, den Sauerstoff, zur Bildung eines neuen Körpers, des Wassers, hergibt, wird eine große Menge Wärme frei und der elastische Zustand des Sauerstoffgases, das Bestehen desselben im luftförmigen Zustande, beruht wohl darauf, daß der Wärmestoff in sehr großer Menge als Bestandtheil im Sauerstoffgas enthalten ist. Dessen Freiwerden ist es also, worin wir die Entstehung der Wärme beim Verbrennen der Körper begründet finden.

Außer den genannten zwei Hauptwirkungsarten der Wärme gibt es noch ein und die andere Art ihrer Wirksamkeit, und so ist z. B. ein bestimmter Grad von Wärme eine der Hauptbedingungen bei allen chemischen Verbindungen oder Trennungen, da die Körper-Elemente nur im tropfbar flüssigen oder im gasförmigen Zustande sich scheiden oder zu neuen Körpern zusammen treten. Daher wird bei jeder Vereinigung eines festen Körpers mit einem flüssigen oder gasförmigen zu einem dritten flüssigen oder gasförmigen Körper stets Wärme gebunden, umgekehrt aber, wenn ein fester Körper sich mit einem flüssigen oder gasförmigen zu einem dritten festen Körper verbindet, oder wenn zwei flüssige Körper fest oder gasförmig werden, Wärme frei. Wirken außer der Wärme noch Wasser und Luft in bestimmtem Maaße auf den abgestorbenen organischen Körper, so geht er alsbald in Gährung oder Fäulniß über. Aber auch magnetische Erscheinungen werden durch die Wärme hervorgebracht, denn zwei verschiedenartige Metalle, welche durch Zusammenlöthen mit einander etwa zu einem Viereck verbunden sind, werden magnetisch, wenn die eine Hälfte dieser Verbindung erwärmt, während die andere erkältet wird, überhaupt, wenn Hälften von ungleicher Temperatur entstehen. (Thermomagnetismus.)

III. Mittheilung der Wärme.

Zwischen den Körpern von ungleicher, fühlbarer Wärme findet so lange eine fortwährende Mittheilung der Wärme von Seite des wärmeren Körpers an den kälteren statt, bis ihre Temperaturen sich gegenseitig ausgeglichen oder bis beide gleiche Wärmegrade angenommen haben. Diese Mittheilung der Wärme aber von einem wärmeentwickelnden oder erwärmten Körper an einen kälteren, oder diese Temperaturausgleichung zwischen verschieden warmen Körpern kann auf doppelte Weise vor sich gehen, einmal nämlich durch Strahlung und dann durch Leitung, so daß es sich also von einer strahlenden sowohl, als von einer fortgeleiteten Wärme handelt. Was wir nun unter beiden zu verstehen haben, wollen wir sogleich hören.

1) Mittheilung der Wärme durch Strahlung. Strahlende Wärme.

Die Wärme, welche wir von der Sonne empfangen, heißt strahlende Wärme, wie ja schon aus der Benennung Sonnenstrahlen hervorgeht. Diese durchdringt den großen Raum zwischen uns und der Sonne, also auch unsere Atmosphäre, mit äußerst großer Geschwindigkeit und theilt sich unserer Erde mit, während die höheren Regionen der Luft, wie die Erfahrung lehrt, kalt bleiben, die Wärmestrahlen also von der Atmosphäre wenig oder gar nicht aufgenommen werden. Die davon getroffenen Körper eignen sich nach Umständen mehr oder weniger davon an, und werfen die übrige zurück, oder lassen sie durch sich hindurchgehen.

Strahlende Wärme nennen wir aber auch jene Wärme, welche wir in hohem Maaße, besonders im Angesichte, empfinden, wenn wir in der Nähe einer geöffneten Ofenthüre das Feuer gerade vor uns haben, und doch ist die Luft zwischen uns und dem Feuer nicht in so hohem Grade erwärmt, was daraus ersichtlich ist, daß diese empfundene Wärme sogleich verschwindet, wenn wir etwas seitswärts treten, ohne uns jedoch von der Wärmequelle weiter zu entfernen, und der Flamme nicht mehr ansichtig sind, oder wenn wir einen Schirm vorhalten, was beides unmöglich wäre, wenn wirklich die ganze uns umgebende Luftmasse eine so hohe Temperatur hätte. Und so nennen wir überhaupt strahlende Wärme diejenige von heißen Körpern nach allen Seiten hin in geraden Linien ausgesendete Wärme, welche durch die Luft hindurchgeht, wie die Lichtstrahlen durch durchsichtige Körper und zwar mit einer Geschwindigkeit, die der des Lichtes gleich kommt und

alle anderen weit, weit übertrifft. Man spricht deßhalb von strahlender Wärme und von Wärmestrahlen, wie man von Lichtstrahlen spricht, und was über ihre Verbreitung bis jetzt ermittelt worden ist, wollen wir nun näher kennen lernen.

Ein und derselbe Körper erhält von einer Wärmequelle um so mehr Wärmestrahlen und die Wirkung dieser ist um so größer, je weniger weit der Körper von der Wärmequelle entfernt ist, und zwar steht diese Wirkung in umgekehrter Beziehung mit den Quadraten der Entfernung von der Wärmequelle, d. h. ist ein Körper doppelt so weit davon entfernt als ein anderer gleich großer, so erhält er durch deren Wärmestrahlen nur den vierten Theil von der Wärme des ersten; ist er dreimal so weit entfernt, nur den neunten; viermal so weit, nur den 4. 4 = 16ten Theil u. s. w. Steigt ein Thermometer in einer gegebenen Zeit durch Einwirkung der strahlenden Wärme einer Lichtflamme bei 1 Zoll Entfernung um $+ 36^0$ R, so steigt es bei der Entfernung von 2 Zoll um $^{36}/_4 = + 9^0$ R, bei der Entfernung von 3 Zoll um $^{36}/_9 = + 4^0$ R, bei der Entfernung von 4 Zoll um $^{36}/_{16} = + 2^1/_4{}^0$ R u. s. w.

Die Wärmestrahlen, welche auf einen Körper fallen, werden, wie die Lichtstrahlen, theils durchgelassen, theils zurückgeworfen, theils eingesaugt oder verschluckt.

Was die Fähigkeit selbst der festen Körper betrifft, Wärmestrahlen in derselben Weise durchlassen zu können, wie durchsichtige Körper die Lichtstrahlen, so geht diese schon daraus hervor, daß man im Stande ist, brennbare Körper zu entzünden, wenn man sie in den Brennpunkt einer den Sonnenstrahlen ausgesetzten Linse (Brennglas) bringt. Nur ist diese Fähigkeit bei den einzelnen Körpern sehr verschieden und hängt zum Theil auch von der Natur der Wärmestrahlen oder von den Wärmequellen, aus denen die Strahlen herkommen, ab.

So gibt es Körper, welche die Wärmestrahlen eben so vollständig durchlassen, wie die durchsichtigen Körper die Lichtstrahlen. Diese heißen universell diatherman (die Wärmestrahlen vollständig durchlassend), deren einer z. B. unsere atmosphärische Luft und das Steinsalz ist. Andere Körper halten die Wärmestrahlen gerade so auf, wie die undurchsichtigen Körper die Lichtstrahlen und lassen gar keine durch sich hindurch gehen, weßhalb sie atherman (die Wärmestrahlen nicht durchlassend) heißen. Zu ihnen gehören fast alle vollkommen undurchsichtigen Körper, nur mit Ausnahme von schwarzem Glas und Glimmer. Endlich gibt es Körper, welche zwar die Wärmestrahlen von einigen Körpern, wenn auch

in verschiedenen Mengen, durchlassen, von andern aber gar nicht, die also in Bezug auf einige Wärmequellen diatherman, in Bezug auf andere atherman sind, wie es durchsichtige Körper gibt, die nur die eine oder die andere Lichtart durchlassen und dadurch farbig erscheinen. So ließen den Versuchen zufolge Kalkspath, Spiegelglas, Bergkrystall vom siedenden Wasser keine Wärmestrahlen durch, wohl aber von dem erhitzten Kupfer, noch mehr von der Oelflamme, die meisten aber vom glühenden Platin. Gyps und Alaun ließen weder vom siedenden Wasser noch vom erhitzten Kupfer Wärmestrahlen durch und nur wenige von der Oelflamme und vom glühenden Platin. Der berühmte Physiker Melloni, dem man die wichtigsten Entdeckungen über die strahlende Wärme verdankt, und nach ihm mehrere andere prüften das Verhalten verschiedener, diathermaner Körper gegen verschiedene Wärmequellen, nämlich gegen eine Oelflamme, gegen glühendes Platin, geschwärztes bis auf + 320° R erhitztes Kupfer und gegen geschwärztes, bis zu + 80° R erwärmtes Messing, und ihren Versuchen zufolge ergeben sich folgende Werthe für die Fähigkeit genannter einzelner Körper, die Wärmestrahlen durch zu lassen:

Namen der Körper.	Oelflamme.	Glühendes Platin.	Geschwärztes Kupfer von + 320° R.	Geschwärztes Messing von + 80° R.
Freie Strahlung der Wärmequelle....	100	100	100	100
Steinsalz.........	92	92	92	92
Flußspath, klar....	78	69	42	33
Kalkspath........	39	28	6	0
Spiegelglas.......	39	24	6	0
Bergkrystall.......	38	28	6	0
Gyps, krystallisirt..	14	5	0	0
Citronensäure.....	11	2	0	0
Alaun...........	9	2	0	0
Schwarzes Glas, wo die Platte eine halbe Linie dick.......	26	25	12	0
Schwarzer Glimmer, wo die Platte etwas dünner........	20	20	9	0
Eis.............	6	0	0	0

Wo die Dicke der Platte nicht bemerkt ist, betrug sie nahe den neunten Theil eines bayrischen Zolls. Aus dieser Tabelle ergibt sich, daß das Steinsalz von 100 Wärmestrahlen einer jeden Wärmequelle gleich viel, nämlich 92, durchgehen läßt, was bei allen anderen Substanzen nicht der Fall ist. So läßt die Flußspathplatte von den 100 Strahlen der Oelflamme 78 hindurch, aber nur 33 von den 100 Strahlen des erwärmten Messingblechs. Das schwarze Glas läßt die Wärmestrahlen der Oelflamme und des glühenden Platin fast gleich gut durch; es läßt aber gar keine der Wärmestrahlen durch, welche von der vierten und nur 12 der 100 Strahlen, welche von der dritten Wärmequelle kommen.

Daraus geht hervor, daß die Wärmestrahlen, welche von den verschiedenen Wärmequellen kommen, nicht ganz gleicher Natur sind, denn sonst müßte jeder Körper die Strahlen aller Wärmequellen in gleichem Maaße durchlassen. Diese Unterschiede in der Natur der Wärmestrahlen treten aber noch deutlicher hervor, wenn man die Wärmestrahlen durch mehrere hinter einander aufgestellte Körper gehen läßt. Läßt man z. B. die Wärmestrahlen, welche durch eine Glasplatte gegangen sind, auf eine Alaunplatte fallen, so werden sie gänzlich eingesaugt oder verschluckt, während doch eine Alaunplatte fast alle Wärmestrahlen durchläßt, welche zuvor durch eine Platte von Citronensäure gegangen sind. Die strahlende Wärme, welche durch eine Glasplatte gegangen ist, durchdringt eine zweite mit geringerem Verluste und nach dem Durchgang durch eine gewisse Anzahl Platten wird der Verlust eine beständige Größe, oder bleibt sich gleich. Dasselbe Gesetz befolgt sie in dickeren Platten, und daher kann man sich diese in mehrere gleich dicke Schichten getheilt denken und Bezugs der Einsaugung der Wärmestrahlen den Satz aufstellen, daß deren Größe nicht von der Natur der Wärmequelle, sondern auch von der Dicke der Platten, welche die strahlende Wärme zu durchdringen hat, abhängt. Anfangs nimmt bei zunehmender Dicke die Einsaugung rasch zu, scheint aber nur bis zu einer gewissen Dicke also zu zunehmen, denn für eine bedeutende Dicke hat eine Vermehrung derselben keinen merklichen Einfluß mehr.

Uebrigens ist noch zu bemerken, daß die Durchsichtigkeit der Körper in keiner näheren Beziehung zu ihrem Vermögen, diatherman zu seyn, steht. Denn ein Körper kann fast undurchsichtig seyn und dennoch den Wärmestrahlen einen leichten Durchgang gestatten, während ein anderer sehr durchsichtig ist, und doch den größten Theil der ihn durchdringenden Wärmestrahlen aufhält. Rauchtopas, ein ziemlich undurchsichtiger Körper, läßt die Wärmestrahlen z. B. viel besser durch als dünne, völlig durch-

sichtige Alaunplättchen. Doch scheint ein gewisser Grad von Durchsichtigkeit eine nothwendige Bedingung des Durchgangs der Wärmestrahlen durch einen Körper zu seyn, da man außer dem schwarzen Glimmer keinen vollkommen undurchsichtigen Körper kennt, der nicht auch vollkommen atherman ist. Jedoch ist die Durchsichtigkeit nicht die einzige Eigenschaft, welche das Durchlassen der Wärmestrahlen bedingt, sondern die eigenthümliche Beschaffenheit der Körper bewirkt, daß einige leichter, einige schwerer von den Wärmestrahlen durchdrungen werden. Je größer die Hitze der Wärmequelle ist, von der die Strahlen ausgehen, desto leichter werden sie durchgelassen. So schützt eine vor das Glas gehaltene Glasplatte vor den von einem heißen Ofen ausgehenden Wärmestrahlen, bewährt sich aber als schlechtes Schutzmittel gegen die Hitze der Sonnenstrahlen.

Eine zweite Veränderung, welche die Wärmestrahlen erleiden und die sie mit den Lichtstrahlen gemein haben, ist die, daß sie von den Körpern zurück geworfen (reflectirt) werden. Um diese Thatsache nachzuweisen, bedient man sich Fig. 11. zweier, genau gearbeiteter, großer Hohlspiegel ab und cd, die man in einer Entfernung von 10 bis 12 Fuß so aufstellt, daß sie genau einander gegenüber stehen und ihre Achsen in eine gerade Linie fallen. Bringt man nun in den Brennpunkt m des einen Spiegels eine helle Lichtflamme und in den Brennpunkt des andern einen leicht entzündbaren Körper, z. B. Phosphor, so wird es nicht lange währen, daß der Phosphor lichterloh zu brennen beginnt. Die vom Brennpunkte m des ersten Spiegels in denselben ausgesendeten Strahlen erwärmen den Spiegel cd kaum merklich, wie ein an ihn gehaltenes Thermometer uns berichtet; allein diese auf den ersten Spiegel auffallenden Strahlen werden in Richtungen, die mit der Achse beider Spiegel gleichlaufend sind, nach dem zweiten Spiegel ab und von diesem wiederum dergestalt zurückgeworfen, daß sie sich alle im Brennpunkte o dieses Spiegels vereinigen nnd dadurch eine bedeutende Erwärmung verursachen. Auch der zweite Spiegel ab erfährt keine merkbare Temperaturerhöhung und alle von der Flamme in den Spiegel cd ausgesendeten Wärmestrahlen werden vollständig im Brennpunkte o des andern Spiegels gesammelt, zum Beweis, daß die Wärmestrahlen von beiden Spiegeln zurückgeworfen werden. Eine glühende Kohle in dem einen Brennpunkt entzündet ein in dem Brennpunkte des anderen angebrachtes Stückchen Feuerschwamm. Eine mit einer heißen Flüssigkeit angefüllte Kugel, im Brennpunkte des einen Spiegels angebracht, bringt das im Brennpunkte des zweiten mit der Kugel befindliche Thermometer zum Steigen. Bringt man dagegen statt der

erwärmten Kugel ein Stück Eis in den einen Brennpunkt m, so wird das Thermometer in o sinken, gleich als ob das Eis statt Wärmestrahlen Kältestrahlen von sich ausschickte. Das erklärt sich also: Wären in m und o gleich warme Körper, so würden diese auch durch die reflectirte Wärme bei gleicher Temperaturhöhe verbleiben. Ist aber der in m befindliche Körper kälter als der in o, so beträgt die ihm von o aus mitgetheilte Wärme noch immer eben so viel, um so geringerer aber ist die dem Körper in o mitgetheilte. Der Körper in o erhält daher keinen vollkommenen Ersatz für die von ihm ausgesendete Wärme und seine Abkühlung, der Mangel am Ersatz der verlornen Wärme, wird um so fühlbarer, je mehr von dem Körper in m herkommende Wärmestrahlen sich im Brennpunkte o vereinigen würden.

Mittelst solcher Hohlspiegel, zumal wenn sie von ansehnlicher Größe und sehr vollkommen gearbeitet sind, ist man im Stande, die reflectirten Sonnenstrahlen dergestalt zu vereinigen, daß man dadurch Glas und Metalle schmelzt und Wirkungen hervorbringt, die nur das heftigste Feuer erzeugen kann. Da aber große Brennspiegel sich nicht so leicht fertigen lassen, so hat man versucht, mit vielen vereinigten ebenen Spiegeln eben das zu leisten, und wirklich gelang es, mit 40 Spiegeln von 6 Zoll Höhe und 8 Zoll Breite, welche also gestellt waren, daß sie alle das von ihnen zurück geworfene Sonnenbild auf einen Punkt warfen, ein getheertes Brett in einer Entfernung von 50 Fuß in Brand zu setzen und mit 117 solchen ebenen Spiegeln Silber zum Schmelzen zu bringen. Diese Spiegel werfen nämlich die Wärmestrahlen in derselben Ebene und unter demselben Winkel zurück, unter welchem sie aufgefallen sind, und es läßt sich also denselben leicht eine solche Stellung geben, daß die zurück geworfenen Strahlen aller sich in einem Punkte vereinigen.

Was nun von den Spiegeln Bezugs der Zurückwerfung der Wärmestrahlen gilt, das gilt mehr oder weniger von den Oberflächen aller Körper. Glatte und helle Körper, namentlich polirte Metallflächen, werfen die auf sie auffallenden Wärmestrahlen viel besser zurück und werden daher um so weniger erwärmt, als rauhe und dunkle, welche, wie wir sogleich hören werden, dieselben aufnehmen und, wie es der Kienruß mit fast allen thut, verschlucken. Je nachdem man also denselben Körper mit einer glatteren und helleren, oder mit einer rauheren und dunkleren Oberfläche versieht, erhöht oder vermindert man sein Vermögen, die auf ihn fallenden Wärmestrahlen zurück zu werfen und dadurch weniger oder mehr erwärmt zu werden. Auch die materielle Beschaffenheit der Körper scheint auf die Zurückweisung der Wärmestrahlen einzuwirken, und wenn man das Zurück-

strahlungsvermögen des Messing = 100 setzt, so fand man unter gleichen Umständen für Silber = 90, Staniol = 80, Stahl = 70, Blei = 60, Glas = 10, geöltes Papier = 5.

Wärmestrahlen, die von einem Körper, auf den sie fallen, weder durchgelassen noch zurück geworfen werden, müssen von demselben eingesaugt oder verschluckt werden, welches die dritte Verhaltungsart der Körper gegen die Wärmestrahlen ist. Je weniger also ein Körper von den auf ihn fallenden Wärmestrahlen durch sich hindurch gehen läßt und je weniger er zurückwirft, um so mehr muß er einsaugen und verschlucken, und dieß wird demnach bei allen denjenigen, meist undurchsichtigen Körpern der Fall seyn, deren Oberfläche so rauh und so dunkel als nur immer möglich ist. Umhüllt man die Kugel eines Thermometers selbst mit einem weißen Flor und setzt es den Sonnenstrahlen aus, so wird es merklich höher stehen, als es kurz zuvor ohne Umhüllung stand. Noch bemerkbarer wird dieß aber seyn, wenn man sich eines schwarzen Flors bedient, oder wenn man gar die Thermometerkugel mit Kienruß schwärzt. Mit Kienruß geschwärzte Oberflächen verschlucken fast alle auf sie auffallenden Wärmestrahlen und werfen davon fast gar keine zurück. Schwärzt man damit die eine Kugel eines Differenzialthermometers, so wird dasselbe so empfindlich gegen die strahlende Wärme gemacht, daß dadurch Temperaturunterschiede an Orten, die verschiedenes Tageslicht haben, bemerkt werden können. Auf diese Weise berechnete man auch das Licht der Sonne als 12000mal stärker als das eines Wachslichtes auf einen Fuß Entfernung. Breitet man an einem schönen Wintertage auf einer gleich hohen Schneelage mehrere Tuchfleckchen von verschiedener Farbe aus und läßt sie etwa eine Stunde lang von der Sonne bescheinen, so wird man bemerken, daß unter diesen Fleckchen der Schnee um so mehr schmilzt und die Fleckchen sich um so mehr in den Schnee einsenken, je dunkler ihre Farbe ist und je mehr sie sich dem Schwarzen nähert. Im Sommer macht man einen ähnlichen Versuch also: Man übertüncht eine Tafel von Eisenblech auf der einen Seite in Streifen von verschiedener Farbe und überzieht die andere Seite mit einer dünnen Schichte Wachs. Setzt man nun die bemalte Seite der Einwirkung der Sonnenstrahlen aus, so wird das Wachs auf der Rückseite hinter dem schwarzen Streifen zuerst zu schmelzen anfangen, hinter dem weißen zuletzt und hinter jedem anderen um so früher, je näher seine Farbe der schwarzen steht.

In dem Vorhergehenden haben wir das Verhalten der Körper Bezugs der Aufnahme der Wärmestrahlen näher kennen gelernt; nun liegt uns

ob, dasselbe auch hinsichtlich der Abgabe oder der Ausstrahlung zu thun und hier bietet sich uns sogleich folgender Erfahrungssatz dar: Die Menge der Wärme, welche ein Körper ausstrahlt, hängt nicht allein von seiner Temperatur, sondern auch von dessen Materie, Oberfläche und Farbe ab.

In Rücksicht der materiellen Beschaffenheit der Körper läßt sich im Allgemeinen sagen, daß die Metalle weniger Wärme ausstrahlen als Glas und organische Körper, was unter Anderem ersichtlich ist, daß an ihnen als den weniger abgekühlten nicht so viele wässrige Dünste sich niederschlagen (Thau), als an den genannten Körpern. Was aber die Oberfläche und Farbe der Wärme ausstrahlenden Körper betrifft, so erfolgt die Wärmeausstrahlung um so besser, je rauher und unebener ihre Oberflächen sind und je dunkler ihre Farben. Es verhält sich hier bei der Ausstrahlung der Wärme gerade so wie bei deren Aufnahme (Absorbtion). Diejenigen Körper, welche mehr Wärme in sich aufnehmen und gleichsam verschlucken, die rauhen und dunkeln, müssen auch um so mehr wieder abgeben, damit die Temperatur von allen gleich bleiben kann, worauf es ja durchgängig abgesehen ist; dagegen die Körper, welche wenig Wärme in sich aufnehmen und fast alle zurückwerfen, die polirten und hellen, auch wenig Wärme zu vergeben haben. Durch nachstehenden Versuch läßt sich die Wahrheit des obigen Satzes näher erweisen. Man nehme, wie Leslie that, einen hohlen Würfel von verzinntem Eisenblech, dessen eine Seitenfläche glänzend polirt, eine zweite matt geschliffen oder mit einem Goldschlägerhäutchen überzogen, die dritte weiß gefärbt und die vierte durch Ruß geschwärzt war; fülle ihn mit heißem Wasser an und stelle ihn so einem Hohlspiegel gegenüber, daß die von einer der 4 Flächen des Würfels ausgehenden Wärmestrahlen nach ihrer Zurückstrahlung vom Spiegel die Kugel eines im Brennpunkte des Spiegels angebrachten Differenzialthermometers treffen. Da wird man nun die Bemerkung machen, daß das Thermometer immer höher steigt, wenn man die 4 Seiten des Würfels in der obigen Ordnung gegen den Hohlspiegel richtet und also den Satz bestättigt finden, daß die Wärmeausstrahlung bei rauhen und geschwärzten Oberflächen stärker ist als bei glatten und hellen, bei denen die Anzahl der ausstrahlenden Punkte sich verringert. Derselbe Gelehrte fand für das Wärmeausstrahlungs- und Wärmeaufnehmungs-Vermögen verschiedener Körper folgende Zahlen:

Setzt man die Wärme, welche Lampenruß oder Wasser ausstrahlt = 100, so ist unter ganz gleichen Umständen die ausgestrahlte Menge bei Schreibpapier = 98, Glas = 90, überfirnißten Körpern = 95, Eis

= 85, Quecksilber = 20, gewalztem Blei = 19, polirtem Eisen = 15, Gold, Silber, Kupfer, Zinn = 12. Eben so fand man, daß, wenn das Ausstrahlungsvermögen von Eisenblech mit glatter, schwarzer Oberfläche = 156 ist, so ist es von Eisenblech mit brauner Oberfläche = 180, von Weißblech = 100, von Glas = 155.

Daraus ist nun erklärlich, warum metallene Geschirre mit heller, polirter Oberfläche die Flüssigkeiten viel länger warm halten, als dunkle, irdene. Warum in einem schwarzen, mit Ruß bedeckten Topfe das Wasser zwar früher kocht, aber auch eher erkaltet, als in einem hellfarbigen, polirten. Der Thee, in silbernen Kannen gemacht, ist besser als der in irdenen gemachte, weil in ersteren das Wasser die zum Ausziehen der Blätter erforderliche Siedehitze länger behält. Warum die Kürassire sich im heißen Sommer unter ihrer metallenen Kopf- und Brustbedeckung wohl befinden und im Winter darunter wenig von der Kälte zu leiden haben. Warum die Stubenfliegen sich zur Herbstzeit so gerne auf blanke Gegenstände, vergoldete Rahmen u. s. w. zu setzen pflegen, die der Einströmung der Wärme Hindernisse entgegen setzen. Uebrigens findet sowohl die Wärmeverschluckung als die Wärmeausstrahlung nicht blos an der Oberfläche der Körper statt, sondern auch in den unmittelbar unter derselben befindlichen Schichten. Man ersieht dieß unter Anderem daraus, daß, wenn man einen blanken Körper mit einem Firniß überzieht, man dadurch sein Wärmeverschluckungs- und Wärmeausstrahlungs-Vermögen vermehrt, und zwar wächst dasselbe bis zu einer gewissen Grenze um so mehr, je dicker man diesen Ueberzug aufträgt.

Tritt ein Wärmestrahl aus einem dichteren in einen dünneren, oder umgekehrt aus einem dünneren in einen dichteren Körper, so wird er von seiner ursprünglichen Bahn abgelenkt und erleidet eine Brechung (Refraktion), wie die Strahlen des Lichtes.

Nach welchen Gesetzen freilich diese Brechung erfolgt, hat man bis jetzt noch nicht ermitteln können und zunächst nur so viel herausgebracht, daß die Wärmestrahlen aus verschiedenen Wärmequellen auch verschieden stark gebrochen werden und dieses um so mehr, je schiefer die Richtung ist, in welcher sie durch den Körper hindurchgehen, und daß die dunkleren, weniger kräftigen Wärmestrahlen die am wenigsten brechbaren sind. Uebrigens beruht auf dieser Brechung die Einrichtung unserer Brenngläser, durch welche die auffallenden und durchgelassenen Wärmestrahlen alle in einem Punkte vereinigt werden und eben dadurch, wofern diese Gläser anders eine hinrei-

chende Größe besitzen, eine Hitze hervorbringen, die selbst zur Schmelzung des Glases und des Platins ausreicht. Unsere Wasserkaraffen und die Schusterkugeln haben ebenfalls die Form von Brenngläsern und können, namentlich wenn sie mit Wasser gefüllt sind, kräftig wirken. Man hüte sich deßhalb sehr, sie der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenstrahlen, namentlich in der Nähe leicht brennbarer Stoffe, auszusetzen, um nicht dadurch einen Brand anzustiften, wie es schon öfters durch Nichtbeachtung dieser Vorsicht der Fall gewesen ist.

Schließlich ist noch von den Wärmestrahlen zu bemerken, daß sie mit einer äußerst großen Schnelligkeit sich bewegen, welche wohl der des Lichtes, mit dem sie Bezugs der Sonne so enge verbunden sind, gleich kommt und daß sie bei dieser Geschwindigkeit von 40 Tausend Meilen in einer Sekunde der Luft, durch welche sie gehen, äußerst wenig, ja fast gar keine Wärme mittheilen.

Von den zwei letztgenannten Eigenschaften der Wärmestrahlen können wir uns durch einen Versuch mit zwei großen Brennspiegeln, wie er weiter oben beschrieben wurde, überzeugen, nur daß man jetzt diese Hohlspiegel in eine Entfernung von etwa 100 Fuß von einander bringt. Befindet sich in dem Brennpunkte des einen Spiegels eine fast bis zum Glühen erhitzte Kugel und im Brennpunkte des anderen die eine Kugel eines Differenzialthermometers, so wird dasselbe seinen gewöhnlichen Stand behalten, wenn eine Glastafel zwischen beide gehalten wird, augenblicklich aber zu steigen anfangen, sobald der zwischen beide gehaltene Schirm hinweggenommen wird. Stellt man den Schirm wieder zwischen beide, so sinkt das Differenzialthermometer wieder augenblicklich, zum Beweise, daß die umgebende Luft durch die strahlende Wärme nicht erwärmt wurde. Letzteres zeigt sich auch im Aufthauen der einem erhitzten Ofen zugekehrten Fensterscheiben, welches schon beginnt, während die Luft im Zimmer noch kalt ist, und darin, daß die unser Gesicht belästigende Hitze, wenn wir dasselbe einem strahlenden Feuer zukehren, sogleich verschwindet, sobald wir eine Glasplatte zwischen das Feuer und unser Angesicht bringen.

2) Mittheilung der Wärme durch Leitung. Fortgeleitete Wärme.

Die andere Art der Mittheilung der Wärme ist die Fortleitung, welche bei der Berührung zweier Körper von ungleichen Temperaturen statt findet und zwar so, daß der wärmere dem kälteren so lange Wärme mittheilt, bis die Temperatur beider gleich geworden ist. Diese Leitung der

Wärme geschieht durch alle Körper ohne Ausnahme, wenn gleich, wie wir alsbald hören werden, mit verschiedener Geschwindigkeit, und die Ausgleichung der Wärme erfolgt um so schneller, je ungleicher die Temperaturen sind und in je höherem Grade die Körper das Vermögen besitzen, die Wärme fortzuleiten. Dieses Vermögen, die Wärme anzunehmen, sie in sich nach allen Seiten zu verbreiten und anderen Körpern mitzutheilen, oder überhaupt Wärmeleiter zu seyn, besitzen alle Körper; allein es gibt doch einen auffallenden Unterschied in Hinsicht der Schnelligkeit, mit welcher dieses geschieht, mit welcher die Körper also die Wärme annehmen, in sich fortpflanzen und sie wieder an andere Körper abgeben, und darauf beruht der Unterschied zwischen guten und schlechten Wärmeleitern. Gute Wärmeleiter nennen wir alle diejenigen Körper, welche dargebotene Wärme schnell annehmen, sie schnell durch sich hindurch führen und sie eben so schnell anderen Körpern mittheilen, also schnell erkalten. Schlechte Wärmeleiter dagegen alle Körper von den entgegengesetzten Eigenschaften, welche also dargebotene Wärme nur langsam, gleichsam ungerne, annehmen, sie langsam durch sich hindurchführen und nur ungerne und langsam anderen Körpern mittheilen, die einmal aufgenommene Wärme lange bei sich behalten.

Betrachten wir die Körper hinsichtlich dieser Leitungsfähigkeit der Wärme nach ihren drei Aggregatszuständen, so ergeben sich nicht nur Bezugs des Grades dieser Leitungsfähigkeit, sondern auch der Art und Weise, wie solche Mittheilung geschieht, zwischen den festen uud den sowohl tropfbar- als elastisch flüssigen Körpern bedeutende Unterschiede.

In festen Körpern geht die Wärme von einem Theilchen, welches unmittelbar von der Wärmequelle erwärmt wurde, in das zunächst daran grenzende, von diesem in das folgende u. s. w., bis sie in dem ganzen Körper ins Gleichgewicht gekommen ist. Dieser Uebergang in der Masse geschieht durch Strahlung von Theilchen zu Theilchen und erfolgt um so schneller, je gleichartiger die Masse ist und je weniger sie von Zwischenräumen unterbrochen wird, d. h. je dichter sie ist. Auch scheint die Stärke des leitenden Körpers hier in Betracht zu kommen, da unter übrigens gleichen Umständen von zwei metallenen Stangen von verschiedener Dicke diejenige die Wärme am besten fortleitet, welche die stärkste ist, wir z. B. die an ihrem Ende rothglühende Stricknadel in viel geringerer Entfernung vom Feuer noch mit bloßen Händen anfassen können, als die dicke, an ihrem Ende gleichfalls rothglühende Stahlstange. So verschieden nun die einzelnen festen Körper in Bezug der Gleichartigkeit ihrer Masse und Dichtigkeit sind, so ver-

schieden ist auch ihr Wärmeleitungsvermögen. Es ist z. B. allgemein bekannt, daß man eine Glasröhre gar nicht weit von der Stelle entfernt, wo sie geschmolzen wird, ohne sich zu verbrennen, in der Hand halten kann, während man eine eiserne Stange, die an dem einen Ende rothglühend gemacht wird, kaum am anderen, entfernteren Ende ohne Gefahr des Verbrennens anfassen kann. Eben so wissen wir, daß bei sehr strenger Kälte es nicht immer gerathen ist, Metalle, die im Freien sich befinden, mit bloßer Hand zu berühren, während wir doch nicht im Geringsten Anstand nehmen, dieß bei Holz, Papier, Wolle rc., welche Körper derselben Temperatur wie die Metalle ausgesetzt gewesen sind, zu thun. Die Metalle leiten die empfangene Wärme sehr schnell durch sich hindurch und geben sie rasch ab, so wie sie dieselbe sehr schnell unserer Hand entziehen; Glas, Holz, Papier verbreiten die empfangene Wärme nur langsam und entziehen dem wärmeren Körper nur nach und nach eine Menge Wärme.

Durch folgenden Versuch hat man das Leitungsvermögen verschiedener fester Körper zu ermitteln gesucht, wobei jedoch ungemeine Vorsicht und sehr große Genauigkeit erfordert wird, ein Umstand, der macht, daß man noch keineswegs die verschiedenen Körper nach ihrer Leitungsfähigkeit genau zu ordnen im Stande ist. Ein länglich viereckiger Kasten von Weißblech ist an der einen Seite mit einer Reihe von kleinen, gleich langen und weiten Röhren versehen, in welche gleich große runde Stäbchen **a**, **b**, **c**, **d**, **e**, **f**, **g** von verschiedenen Substanzen gesteckt werden. Taucht man nun diese Stäbchen alle zugleich in geschmolzenes Wachs und zieht sie schnell heraus, so wird die dünne Wachsschicht, welche sie bedeckt, durch Abkühlen fest werden. In diesem Zustande bringt man dieselben in die Röhren des Kasten, füllt diesen mit siedendem Oele an und schließt dann von der Schnelligkeit, mit welcher das Wachs auf jedem der Stäbchen schmilzt, auf das Leitungsvermögen der Stoffe, woraus die Stäbchen gemacht sind. Durch solche Versuche stellt sich im Allgemeinen heraus, daß die Metalle die besten Wärmeleiter sind; weniger gute Leiter, sogenannte Halbleiter, sind: die Steine, die Ziegeln, das Glas, und als schlechte Wärmeleiter bewähren sich: Federn, Haare, Wolle, Baumwolle, Leinwand, Seide, Papier, Heu, Moos, überhaupt alle trockenen, vegetabilischen Substanzen, Holz, Asche, Kohle, Horn rc., vor Allem aber ruhende, trockne Luft und deßhalb diejenigen Körper, wie Stroh, Häckerlinge, Schnee rc., welche sie einschließen. Nach den neueren Versuchen kann zugleich auch das Leitungsvermögen nachstehender Körper annähernd durch folgende Zahlen ausgedrückt werden: Gold = **1000**, Platin = **981**, Silber = **973**, Kupfer = **898**, Eisen = **374**,

Zink = 363, Zinn = 304, Blei = 180, Marmor = 24, Porzellan = 12, Ziegel- und Ofenmasse = 11.

Metallstangen fühlen sich an kalten Wintertagen viel kälter an als Holz, da durch erstere unserem Körper in bedeutenderem Grad Wärme entzogen wird, die sich schnell der ganzen Masse der Stange mittheilt. Bei der Berührung des Holzes gibt die durch die Hand erwärmte Stelle die ihr zugeführte Wärme nur langsam an die zunächst liegenden Theilchen ab. An heißen Sommertagen dagegen, wo die Temperatur des Metalles und Holzes die Blutwärme übersteigt, fühlt sich das Metall wärmer an als das Holz, weil bei ersterem von allen seinen Punkten, beim Holze nur von den zunächst liegenden die überschüssige Wärme zur Temperaturausgleichung unserer Hand zufließt. Aus gleichen Gründen fühlt sich Quecksilber bei einer Temperatur von + 10° R kälter, bei einer Temperatur von + 60° R dagegen wärmer an als Wasser von derselben Temperatur.

Unter allen festen Substanzen leiten aber diejenigen am schlechtesten, welche aus sehr feinen Fäden oder aus Fasern und kleinen Stückchen bestehen, die sich nur an einer geringen Menge von Punkten berühren, wie Wolle in Flocken, Seide in Fäden, Flaumfedern, Kleie 2c. Es hat dieß einmal seinen Grund darin, daß unter den einzelnen Theilchen zahlreiche Zurückwerfungen erfolgen und dann, daß diese Theilchen die Luft als schlechten Wärmeleiter in ihren Umgebungen gleichsam gefangen zurück halten, theils vermöge einer eigenthümlichen Anziehung, durch die sie auf ihren Oberflächen eine dünne Schicht dieser Flüssigkeit festhalten, theils vermöge des blos mechanischen Hindernisses, das sie dem Ausweichen der Luft entgegen setzen. Die Hölzer sind nach den Längenfibern bessere Leiter, als nach den Querfibern, weßhalb sie auch leichter die Wärme des Bodens, als die der äußeren Umgebung annehmen und so weniger leicht gefrieren.

Die Leitung oder Verbreitung der Wärme in den flüssigen und luftförmigen Körpern ist, wie bereits bemerkt wurde, von der in den festen wesentlich verschieden, und die Erwärmung wird hier weniger durch Mittheilung der Wärme von Theilchen an Theilchen durch Leitung bewirkt, als hauptsächlich durch Bewegung oder vielmehr durch Strömungen, welche dadurch entstehen, daß die erwärmten Theilchen der Flüssigkeit wegen ihrer geringeren Schwere immer mehr in die Höhe steigen. Dies ist besonders der Fall, wenn die Erwärmung der Flüssigkeit von Unten geschieht. Nicht nur theilt dann jeder erwärmte Theil allen ihn berührenden Theilen auf gewöhnliche Weise Wärme mit, sondern die unteren Schichten, welche zunächst erwärmt und dadurch leichter geworden sind, erheben sich und erwär-

men dadurch, daß sie die oberste Stelle der Flüssigkeit zu gewinnen suchen, die ganze Flüssigkeit. Auf diese Weise erfolgt die Verbreitung der Wärme ziemlich schnell, aber nicht in Folge der Strömungen, welche man leicht sichtbar machen kann, wenn man gestossenen Bernstein oder Sägspäne in Wasser wirft, welches sich in einem Glasgefäße befindet, und dann von Unten her langsam erwärmt.

Erwärmt man dagegen eine Flüssigkeit statt von Unten von Oben, so daß keine Strömungen statt finden können, sa kann sich die Wärme nur in derselben Weise durch die Masse der Flüssigkeit verbreiten, wie dieß bei den festen Körpern der Fall ist, nämlich durch bloße Leitung, indem die Wärme von einer Schichte zur anderen übergeht. In diesem Falle verbreitet sich aber die Wärme nur äußerst langsam durch die Masse der Flüssigkeit und die flüssigen Körper zeigen sich als sehr schlechte Wärmeleiter, wovon man sich leicht durch folgenden Versuch überzeugen kann:

In ein gläsernes Gefäß mit kaltem Wasser bringt man ein Thermometer und bemerkt an diesem genau die Temperatur des Wassers. Gießt man nun heißes Oel auf das Wasser, so tritt selbst nach längerer Zeit kein Steigen des Thermometers ein, selbst wenn man die Thermometerkugel fast bis an die Oelschicht bringt, zum Zeichen, das es mit der Fortpflanzung der Wärme durch Leitung beim Wasser äußerst schlecht stehe. Davon zeugt auch folgender Versuch. Man lege auf ein Glas mit kaltem Wasser eine glühende Eisenplatteund unter ein anderes, mit siedendem Wasser gefülltes, ein Stück Eis. So lange man auch die glühende Eisenplatte auf dem ersten Gefäße liegen läßt, so bleibt die Wärme, welche das Wasser empfängt, doch immer sehr unbedeutend, ja sie dringt, wovon man sich durch ein kleines Thermometer in der Nähe des Bodens überzeugen kann, bis zu den untersten Schichten desselben gar nicht vor. Eben so wenig nimmt das Stück Eis an der Wärme des über ihm befindlichen, siedend heißen Wassers Theil. Zwar fängt es hie und dort an der Oberfläche etwas zu schmelzen an, allein es dürften selbst dann, wenn das heiße Wasser die Oberfläche des Eises unmittelbar berührte, Stunden vergehen, bis die Auflösung desselben in allen Theilen erfolgt wäre.

Zeugen schon diese Versuche im Allgemeinen für die geringe Leitungsfähigkeit des Wassers, so haben die Physiker durch noch andere, genauere diese Leitungsfähigkeit selbst in Bezug auf die der Metalle zu bestimmen gesucht und gefunden, daß diese ohngefähr 95mal geringer ist als die des Kupfers, so daß in den obigen Angaben die Leitungsfähigkeit des Wassers mit der Zahl 9 oder 10 ausgedrückt werden müßte. Was aber vom Wasser

gilt, das gilt, mit Ausschluß der im geschmolzenen Zustande befindlichen Metalle, von allen tropfbar flüssigen Körpern, in welchen allen wir es mit äußerst schlechten Wärmeleitern zu thun haben. Dasselbe schlechte Leitungsvermögen besitzen auch alle elastisch flüssigen Körper, bei welchen die Wärme auf gleiche Weise, wie bei den tropfbar flüssigen verbreitet wird und bei denen die Fortpflanzung der Wärme durch das Aufsteigen der erwärmten Theile noch in einem höheren Grade als bei den tropfbaren Flüssigkeiten vorhanden ist. Zwar läßt sich ihr Wärmeleitungsvermögen nicht durch Thermometer, die man etwa in verschiedenen Schichten der zu untersuchenden Luftmassen anbringen wollte, wegen der Wärmestrahlung ermitteln. Daß jedoch die Gase überhaupt und die atmosphärische Luft insbesonders schlechte Wärmeleiter sind, geht daraus hervor, daß Körper, welche von allen Seiten von Luftschichten umgeben sind, nur sehr langsam erwärmt und erkaltet werden können, wenn nur der Wechsel der Luftschichten verhindert wird. Ein Zimmer, vor dessen Wände Tapeten gestellt sind, lehrt uns das am besten. Merkwürdig genug, bleiben die Luftschichten, welche zwischen ihnen und den Wänden enthalten sind, stets kühl, so sehr auch in dem eigentlichen Raum des Zimmers die Wärme zunehmen mag. Was aber die Bewegungen im Innern einer stark erhitzten Luftmasse betrifft, so bemerkt man diese in einem ruhigen Zimmer am Tabackrauche und an den in der Luft schwebenden Stäubchen besonders eines so eben gekehrten Zimmers, wenn die Sonne sie sichtbar macht; durch die Luftströmung nach Oben können aber auch zweckmäßig eingerichtete und aufgestellte Körper (papierne Schlangen ꝛc.) auf einem geheizten Ofen in Kreisbewegung versetzt werden.

Das schlechte Leitungsvermögen lockerer Körper rührt, wie schon bemerkt wurde, größtentheils davon her, daß die zahllosen Zwischenräume mit Luft ausgefüllt sind, was besonders vom Schnee gilt, der einer der allerschlechtesten Wärmeleiter ist und unter dessen Decke deßhalb unsere Wintersaaten vor dem Erfrieren so vortrefflich gesichert sind, keineswegs, als ob er selbst Wärme böte, sondern weil er die Wärme des Bodens nicht entweichen läßt. Alle Arten Brei bleiben wegen ihrer geringen Fähigkeit, die Wärme zu leiten, lange heiß und lassen sich daher ganze Strecken weit den mit dringender Arbeit beschäftigten Personen zur Mittagskost schicken. Dasselbe findet auch bei gebratenen Aepfeln, Birnen, Kartoffeln ꝛc. statt, welche im Innern noch sehr heiß sind, während sie sich von Außen kaum merklich warm anfühlen. Durch unsere gewöhnlichen Oefen erfolgt die Durchheizung eines Zimmers, wenn dasselbe auch bestmöglichst gegen den Zutritt der äußeren Luft geschützt ist, nur langsam und auf gleiche Weise ist dieß bei

der Erwärmung des Wassers in Töpfen der Fall, welche auf unseren Heerden ans Feuer gerückt werden. In beiden Fällen ist es besser, die Erwärmung von Unten anzubringen, um durch das Durchdringen der erwärmten Schichten durch die ganze Masse eine gleichmäßigere und schnellere Mittheilung der Wärme zu erzielen. In geschlossenen Räumen ist es stets an der Decke wärmer als am Boden und die Wärme nimmt vom Boden aus mit der Höhe fortwährend zu. Daher dringt in ein erwärmtes Zimmer bei geöffneter Thüre die kältere Luft von Unten ein und die wärmere strömt Oben aus, wie ein Unten und Oben in die Oeffnung gehaltenes Licht durch die Richtung der Flamme bemerkbar macht. Im Freien aber ist die obere Luft, ungeachtet die wärmeren Schichten stets aufsteigen, dennoch kälter als die untere, was daher kommt, daß die Luft mit ihrer Entfernung von der Erdoberfläche stets dünner wird und in diesem Zustande mehr Wärme ohne Temperaturerhöhung aufnehmen kann, wie wir alsbald hören werden.

Die Körper sind ferner um so weniger gute Wärmeleiter, je mehr sie aus verschiedenartigen Theilen bestehen. So wird Wasser in Gefäßen mit siedendem Wasser nicht zum Sieden gebracht und eben so zeigt auch bei anderen Flüssigkeiten ein Thermometer in einem Gefäße, welches in ein anderes Gefäß mit derselben Flüssigkeit eingetaucht ist, nie die Temperatur als dasjenige, welches in die äußere Flüssigkeit eingetaucht ist. In gewisser Beziehung erklärt sich letztere Eigenschaft der Körper aus der Lockerheit ihres Gefüges. Denn die lockeren Körper sind in der Regel solche, in deren Zwischenräumen sich Luft oder Gasarten befinden und die man also aus verschiedenartigen Bestandtheilen zusammen gesetzt betrachten kann. Sehr lockere Körper sind deßhalb noch schlechtere Wärmeleiter als selbst die trockene Luft, da die Wärme in ihrer Bewegung am meisten verzögert wird, wenn sie in zahlreichen Wechseln von besseren Leitern, den festen Körpern, zu den schlechteren, den zwischen liegenden Luftschichten, und von diesen wieder zu den festen Theilchen übergehen muß. So bemerkten schon unsere ältesten Vorfahren, daß man Flüssigkeiten unter Asche länger warm erhalten kann, als frei stehend, und deßhalb bedecken die Landleute den Rest der glühenden Kohlen Abends mit Asche, um sie am andern Morgen in diesem Zustande wieder zu finden.

So viel über die Mittheilung der Wärme durch Leitung und Strahlung. Hinsichtlich des Erkaltens der Körper haben besonders neuerer Zeit mehrere Gelehrte vielfache Versuche angestellt, bei denen sie die Strahlung durch Ueberziehen der festen Körper mit gleichem Firniß und durch Einschließen der flüssigen und pulverförmigen in einen blanken Metall-

cylinder gleichmäßig machten und in Rechnung brachten. Sie beobachteten dann bei verschiedenen Körpern, die sie auf einen gewissen Temperaturgrad erhoben hatten, die Zeit, welche sie gebrauchten, um bis auf einen gewissen anderen Punkt abzukühlen, und hiebei machten sie die Erfahrung, daß nicht alle Körper gleich schnell erkalten, selbst wenn sie eine ganz gleiche Form, Größe und Oberfläche haben, daß aber die Erkaltung in der Luft bei gleichen Oberflächen und gleicher Ausstrahlung um so schneller vor sich geht, je größer der Unterschied der Temperatur des erkaltenden Körpers und seiner Umgebung ist. Jedoch stehen die Erkaltungsgeschwindigkeiten in keinem geraden Verhältniß mit den Temperaturunterschieden, so daß z. B. derselbe Körper bis auf eine bestimmte Anzahl Grade in der halben Zeit erkaltet, wenn die Umgebung nochmals so kalt ist, nähern sich diesem Verhältnisse aber desto mehr, je geringer der genannte Unterschied ist. Noch andere Gesetze, die sie über die Abkühlung besonders der flüssigen Körper in der Luft auffanden, sind zu verwickelt, um hier angeführt werden zu können.

Aus dem Allen ergibt sich nun, daß die Wärme wohl in der That in einem Körper angehäuft, nicht aber in demselben abgeschlossen und zurückgehalten werden kann, wie es z. B. mit der Luft der Fall ist, die man in einem gewissen Raume einschließt. Es gibt keine für die Wärme undurchdringliche Substanz. Sie ist immer in Bewegung, um sich von einem Körpertheilchen zum benachbarten, oder durch Strahlung sich nach allen Seiten hin zu verbreiten, wie wir auch bei unserer Erde sehen, die fortwährend Wärme durch Strahlung aussendet und diesen Wärmeverlust größtentheils durch die Sonne wieder ersetzt erhält.

IV. Die specifische oder eigenthümliche Wärme.

Die Bemerkung, daß zwei auf gleichem Grad erwärmte Körper von verschiedener materieller Beschaffenheit, selbst wenn sie gleiche Form, Größe und Oberfläche haben, nicht in derselben Zeit bis auf eine bestimmte Temperatur sich abkühlten, mußte nothwendiger Weise zu der Frage führen, ob denn auch alle Körper von gleicher Temperatur und gleichem Gewichte gleich viel Wärme in sich enthielten, oder ob jeder Körper zu einer bestimmten Temperatur eine gewisse, von seiner Natur abhängige Wärmemenge nöthig habe? Nachstehende Versuche sind geeignet, die verlangte Antwort hierauf zu ertheilen.

Gießt man ein Pfund reines Wasser von der Temperatur + 24° R

und ein anderes Pfund Wasser von der Temperatur + 60° R in einem Gefäße unter einander, so zeigt ein in die Mischung gesenktes Thermometer deren Temperatur zu + 42° R an, wie zu erwarten stand. Nimmt man aber statt des ersten Pfundes Wasser von + 24° R ein Pfund Leinöl von derselben Temperatur und gießt es mit dem anderen Pfund Wasser von + 60° R zusammen, so erhält man, aller Sorgfalt ungeachtet, die man dem Versuche gewidmet hat, doch nicht, wie vorhin, die Mitte zwischen den beiden Temperaturen als Temperatur der Mischung, sondern vielmehr die erhöhte Wärme von + 48° R. Noch mehr von der Temperatur der Mitte ist die Temperatur verschieden, wenn man statt des Pfundes Leinöl von + 24° R ein Pfund Eisen von der Temperatur + 24° R nimmt und dieses in ein Pfund Wasser von + 60° R taucht. So überzeugt man auch seyn kann, daß durch das Gefäß keine Wärme hinzu gekommen ist, so zeigt sich doch jetzt die Temperatur des Wassers von + 56° R, also um nicht weniger als 14° höher, als nach der Mitte der beiden Temperaturen zu erwarten stand. Doch auch niedriger fällt die Temperatur der Mischung aus, als die Mitte der Temperatur der gemischten Körper. Gießt man nämlich zu einem Pfund Quecksilber von + 68° R ein Pfund Wasser von der Temperatnr 0°, so widerfährt dadurch dem Wasser keine größere Temperaturerhöhung als die von 2° R.

Bald größer, bald kleiner als die Mitte der Temperatur fällt die Temperatur der Mischung aus, wenn verschiedene Körper von gleichem Gewichte zusammen gebracht werden, und fänden hiebei Veränderungen im Aggregatszustande der Körper statt, wie wir solche durch die Wärme im Vorhergehenden hervorgerufen sahen, so würden wir die Ursache hievon in dem ersten Falle in dem Freiwerden, im zweiten in dem Binden von latenter Wärme zu suchen geneigt seyn. Da dem aber nicht so ist, worin Anders liegt denn wohl der Grund dieser räthselhaften Erscheinungen, als daß gleich schwere Körper von ein und derselben Temperatur nicht gleich viel Wärme in sich enthalten und daher die Verminderung der Temperatur des einen um 1° eine bald größere bald kleinere Erhöhung der Temperatur des andern zu Folge hat? Von dieser ungleichen Wärmemenge gleichschwerer Körper bei derselben Temperatur können wir uns offenbar auch noch dadurch überzeugen, einmal, daß wir untersuchen, ob denn diese Körper von ein und derselben Temperatur durch eine gleiche Menge Brennmaterial auch eine gleiche Temperaturerhöhung erfahren und dann, welche Mengen Brennmaterial man bei beiden anwenden muß, um eine gleiche Temperaturerhöhung zu bewerkstelligen. Gießt man nämlich in das eine

von zwei Gefäßen, die ganz gleich beschaffen sind, ein Pfund Wasser von einer beliebigen Temperatur und in das andere Leinöl von gleichem Gewichte und gleicher Temperatur mit dem Wasser, und erwärmt man beide durch den Verbrauch gleicher Gewichte ein und desselben Brennmaterials, so ergibt sich, daß die Temperaturerhöhung des Leinöls noch einmal so groß ist als die des Wassers, daß z. B. die Temperatur des Leinöls von + 12° sich auf + 72° erhoben hat, während die des Wassers von + 12° nur auf + 42° stieg. Bringt man aber zwei verschiedene Körper, jedoch von gleichem Gewichte und gleicher Temperatur, z. B. Wasser und Quecksilber, auf ein und dieselbe erhöhte Temperatur, so lehrt die Erfahrung, daß man hiezu beim Wasser 33mal so viel Brennmaterial aufwenden mußte als beim Quecksilber. So wie man nun von zwei verschiedenen Körpern dem Raume nach ungleiche Mengen nehmen muß, um dasselbe Gewicht heraus zu bringen, so gehen auch in zwei verschiedene, aber gleichschwere Körper ungleiche Wärmemengen, um dieselbe Temperatur zu erzeugen. Da nun die letzteren Versuche dasselbe zeigen als die ersteren und sich ähnliche Verschiedenheiten auch bei anderen Körpern ergeben, so erhält man dadurch auf die gleich von Vorne herein aufgestellte Frage: ob denn alle Körper von gleicher Temperatur und gleichem Gewichte auch gleich viel Wärme in sich enthalten, die Antwort:

Gleichschwere Körper von verschiedener, materieller Beschaffenheit enthalten, obgleich sie dem Thermometer zufolge gleiche Temperatur haben, doch sehr ungleiche Mengen von Wärme.

Jeder Körper braucht zu einer bestimmten Temperatur eine gewisse, von seiner natürlichen Beschaffenheit abhängige Wärmemenge; der eine Körper erfordet dazu mehr Wärme, der andere weniger, und man schreibt demjenigen, welcher mehr dazu erfordert, eine größere Empfänglichkeit für die Wärme, eine größere Wärmecapacität, zu als dem anderen, der weniger hiezu verlangt. Und so ergibt sich aus den vorigen Versuchen, daß die Wärmecapacität oder das Vermögen des Wassers, Wärme zu binden, 2mal so groß als die des Leinöls und 33mal so groß als die des Quecksilbers ist. Die Wärmemenge, welche ein Körper von dem Gewichte eines Pfundes nöthig hat, um seine Temperatur um 1° zu erhöhen, heißt seine specifische oder eigenthümliche Wärme, und es ist leicht ersichtlich, daß Wärmecapacität und specifische Wärme dasselbe bezeichnen, so daß, wenn es heißt, die Wärmecapacität des Wassers ist doppelt so groß als die des Leinöls, man auch sagen kann: Die specifische Wärme

des Wassers ist noch einmal so groß als die des Leinöls. Soll freilich die specifische Wärme für verschiedene Körper vergleichungsweise angegeben, also durch Zahlen ausgedrückt werden, so hat man nur darüber überein zu kommen, welche Wärmemenge zur Einheit genommen werden soll. Als solche hat man nun für feste und tropfbar flüssige Körper jene Wärmemenge zur Einheit genommen welche nöthig ist, um die Temperatur eines Pfundes Wasser von 0° bis auf $+ 1^\circ$ R zu erhöhen, weil diese Wärmemenge als stets gleich anzusehen ist. Darnach bestimmt sich die specifische Wärme des Quecksilbers zu $1/_{33}$, die des Leinöls zu $1/_2$ 2c., was so viel heißt: um die Temperatur eines Pfundes Quecksilber um 1° zu erhöhen, ist nur $1/_{33}$ der Wärmemenge nöthig, welche man braucht, um die Temperatur von einem Pfund Wasser um 1° zu erhöhen. Ist die specifische Wärme eines Körpers $= 1/_2$, so hat er auch nur eine halb so große Empfänglichkeit als das Wasser für die Wärme und man braucht zu seiner Temperaturerhöhung um 1° nur die Hälfte der Wärme, welche erforderlich ist, um einer gleich schweren Wassermenge eine um 1° höhere Temperatur zu ertheilen. Uebrigens ist die specifische Wärme des Wassers größer als die irgend eines anderen Körpers, d. h. das Wasser bedarf einer größeren Wärmemenge als irgend ein anderer Körper, um für das Gefühl und Thermometer um eine bestimmte Anzahl Grade eines Thermometers wärmer zu erscheinen. Für die gasförmigen Körper ist die specifische Wärme der Luft als Einheit angenommen.

Um nun die specifische Wärme der verschiedenen Körper, deren genaue Kenntniß in der Chemie von wesentlichem Nutzen ist und die eben so wie der Schmelz- und Siedepunkt der Körper zu den sie näher bestimmenden Eigenschaften gehört, zu bestimmen, hat man außer den bei unseren Versuchen angegebenen Mitteln, die, was besonders von den zuletzt angegebenen gilt, hinsichtlich der Sicherheit noch viel zu wünschen übrig lassen, noch folgende zwei Wege eingeschlagen, die näher zum Ziele führen.

Der erste Weg gründet sich darauf, daß von zu gleicher Temperatur erwärmten, gleich schweren Körpern derjenige die meiste Menge Schnee von der Temperatur 0° schmelzen muß, welcher die größte eigenthümliche Wärme besitzt. Zu diesem Behufe bedienten sich mehrere ausgezeichnete Physiker eines Instrumentes, Calorimeter, (Eigenwärmemesser) genannt, welches aus drei Gefäßen von Eisenblech besteht, von denen das größte das mittlere, und dieses wieder das kleinste einhüllt. Der Zwischenraum zwischen dem ersten und zweiten Gefäße ist mit Eisstücken von der Temperatur 0° gefüllt und das in diesem Raume durch Schmelzen des Eises

gebildete Wasser fließt durch einen unten gehörig angebrachten Hahn ab und wird in einem Gefäße aufgefangen. Der Zwischenraum zwischen dem zweiten und dritten Gefäße ist gleichfalls mit Eisstücken angefüllt und das hier gebildete Wasser fließt ebenfalls durch einen Hahn ab. Bringt man nun in das innerste Gefäß den zu untersuchenden Körper, bedeckt die ganze Vorrichtung mit einem nach Oben hohlen Deckel, der ebenfalls mit Eis angefüllt ist, so wird der in den innersten Raum gebrachte, erwärmte Körper bis auf 0° erkalten und alle Wärme, welche er abgegeben hat, dazu dienen müssen, eine gewisse Menge Eis im zweiten Gefäße zu schmelzen. Das durch dieses Schmelzen gebildete Wasser des zweiten Gefäßes fängt man durch den angebrachten Hahn in einem Gefäße sorgfältig auf, wiegt es und ist nun im Stande, aus dem bekannten Gewichte und der bekannten Temperatur des zu untersuchenden Körpers, so wie aus dem Gewichte des in Wasser übergegangenen Eises die specifische Wärme des Körpers zu berechnen. Wie dieß leicht geschieht, mag folgendes Beispiel erläutern:

Gesetzt man habe 4 Pfund Eisen von der Temperatur + 30° R in das Calorimeter gebracht und habe gefunden, daß dadurch $1/4$ Pfund Eis geschmolzen wurde. Wenn nun 4 Pfund Eisen von + 30° R $1/4$ Pfund Eis schmelzen, so schmelzt offenbar 1 Pfund Eisen von + 30° R nur $1/16$ Pfund Eis und 1 Pfund Eisen von + 60° R das doppelte, also $1/8$ Pfund Eis. Nun ist aber aus früheren Versuchen bekannt, daß 1 Pfund Wasser von + 60° R gerade hinreicht, um ein Pfund Eis in Wasser zu verwandeln, und da also ein gleiches Gewicht Eisen von derselben Temperatur nur den achten Theil zu schmelzen im Stande ist, so ist auch die specifische Wärme des Eisens 8mal kleiner als die des Wassers und demnach = $1/8$, da ja bekanntlich die des Wassers als Einheit angenommen ist.

Das Eis in dem äußeren Mantel des Calorimeters, so wie auf dem Deckel dient nur dazu, die Wärme der äußeren Umgebung abzuhalten, so daß man überzeugt seyn kann, daß alles Wasser, welches durch den am zweiten Gefäße befindlichen Hahn abfließt, durch die Wärme gebildet worden ist, welcher der im innersten Raum des Calorimeters gebrachte Körper abgegeben hat, und daß in dem zweiten Mantel des Apparats kein Eis durch die von Außen eindringende Wärme geschmolzen werden kann. Die Temperatur der Körper, deren specifische Wärme gefunden werden soll, bestimmt man dadurch, daß man sie in heißes Wasser oder heißes Oel, deren Temperatur ein in sie gesenktes Thermometer angibt, taucht und sie

so lange in der Flüssigkeit läßt, bis man überzeugt seyn kann, daß sie deren Temperatur angenommen haben. Erst dann werden sie rasch in das Calorimeter gebracht.

Bei dem zweiten Verfahren, die specifische Wärme der Körper zu bestimmen, wird die Zeit berücksichtigt, welche Körper, die gleichmäßig erhitzt worden sind, gebrauchen, um ihre Temperatur bis auf einen gewissen Grad zu erniedrigen. Damit dieses Erkalten unter gleichen Umständen vor sich geht, so bringt man die erwärmten zu untersuchenden Körper in ein cylinderförmiges Gefäß von polirtem Silber, das zum Beobachten der Wärmeabnahme mit einem Thermometer versehen ist, stellt dasselbe in eine Kugel, aus der man die Luft auspumpt und beobachtet genau die Zeit der Erkaltung. Ist anders der Satz: die eigenthümlichen Wärmemengen zweier Körper verhalten sich so zu einander, wie die Zeiten, deren jene Körper zu ihrer Erkaltung bedürfen, oder von zwei gleich warmen Körpern hat derjenige eine doppelt so große Wärmemenge, der erst in noch einmal so langer Zeit so kalt wird als der andere, vollkommen richtig, woran übrigens kaum zu zweifeln ist, so läßt sich auf die letzte Art nicht nur am leichtesten, sondern selbst am sichersten die specifische Wärme der einzelnen Körper bestimmen.

In Folgendem findet man die specifische Wärme verschiedener fester Körper, wie sie durch genaue Versuche gefunden wurde, angegeben:

Eisen = $^1/_9$, Zink und Kupfer = $^1/_{11}$, Silber = $^1/_{18}$, Blei und Wismuth = $^1/_{34}$, Zinn = $^1/_{20}$, Platin = $^1/_{32}$, Gold = $^1/_{33}$, Schwefel = $^1/_5$, Messing = $^1/_{10}$, Glas = $^1/_5$, Quecksilber = $^1/_{30}$, Terpentinöl = $^3/_7$.

Unter allen Körpern hat das Wasser die größte specifische Wärmecapacität mit Ausnahme des Wasserstoffgases. Daher erfordert Wasser so vieles Brennmaterial zum Heißwerden, verliert aber auch nur langsam seine Wärme. Siedendes Wasser erzeugt vorzugsweise Brandwunden, mindestens leichter als jede andere bis zur Siedhitze erwärmte Substanz. Gießt man in einen erwärmten silbernen Löffel Medicin, so wird diese nicht bedeutend warm, wenn sie auch nur den dritten oder vierten Theil des Metallgewichtes beträgt. Dagegen wird bei gleichem Gewichtsverhältnisse der Löffel bedeutend erwärmt, wenn man heißes Wasser hinein gießt.

Ueberhaupt ist die große Wärmecapacität des Wassers in der ganzen Natur von großem Einflusse. Bei der überwiegenden Menge dieser überall vorhandenen Flüssigkeit vermag sie die erzeugte zu große Hitze zu mildern und die zu strenge Kälte zu mäßigen, indem sie eine so große Menge der

erzeugten Wärme aufnimmt und bei Verminderung der Temperatur wieder abgibt.

Die Wärmecapacität der Gase bestimmte man aus der Wärmezunahme des Wassers, welche eintrat, wenn durch metallene, das Wasser durchziehende Röhren so lange Luft von einer bestimmten Temperatur und stets gleich bleibender Dichtigkeit durchgeleitet wurde, bis die Temperatur sich gleich blieb. Um die durchströmende Luft in gleicher Dichtigkeit zu erhalten, füllt man damit eine Blase an, und läßt auf diese gleichmäßig sich verdichtende atmosphärische Luft wirken. Bezeichnet man die specifische Wärme der atmosphärischen Luft mit 1, so ergeben sich für gleiche Raumtheile der angeführten Gase folgende Werthe: Sauerstoffgas = $^{49}/_{50}$, Wasserstoffgas = $^{9}/_{10}$, Stickstoffgas = 1, Kohlensäuregas = $1^{1}/_{4}$, Oelbildendes Gas = $1^{5}/_{9}$, Wasserdampf = $1^{24}/_{25}$.

Die Empfänglichkeit für die Wärme ist nach der Natur der Körper sehr verschieden und am geringsten für die Metalle. Man kann sich dieselbe unter einem, ob schon vielleicht nicht ganz passenden, aber doch veranschaulichenden Bilde darstellen, wenn man annimmt, daß die kleinsten Theilchen welche den Körper bilden, von einer Wärmeatmosphäre umgeben und in dem einen Körper dichter, im andern loser zusammen gedrängt sind. Wie nun ein Gefäß, das mit Bleikugeln oder Schrot angefüllt ist, eine größere Menge Wasser in seine Zwischenräume aufnehmen kann, als ein mit Eisenfeile oder feinem Quarzsande erfülltes, so werden auch die verschiedenartigen Körper oder die gleichartigen in verschiedenen Aggregatszuständen ungleiche Wärmemengen aufnehmen können, um gleichergestalt auf das Thermometer und das Gefühl zu wirken.

Uebrigens erleidet die Wärmecapacität der einzelnen Körper selbst eine Aenderung, die besonders in folgenden drei Fällen sich kund gibt: 1) wenn die Körper ihre räumliche Ausdehnung ändern, also auch ihre Temperatur, 2) bei Aenderung ihres Aggregatszustandes und 3) bei chemischer Einwirkung auf dieselben.

Erleidet der feste Körper eine Verdichtung, so ändert sich seine specifische Wärme merklich, wird kleiner und Wärme wird dabei frei. Das Gegentheil findet bei einer Ausdehnung des festen Körpers statt und so ist z. B. die specifische Wärme des Kupfers merklich kleiner, wenn durch Harthämmern seine Dichtigkeit zunimmt. Beim Stoßen, Reiben, Schlagen findet stets eine Verdichtung der Körper statt und daher eine Abnahme ihrer Wärmecapacitäten und ein Freiwerden von Wärme. Jedoch zeigt sich diese Aenderung

am größten bei gasförmigen Körpern. Bei diesen nimmt gleichfalls die Wärmecapacität ab, wie ihre Dichtigkeit zunimmt, jedoch nicht in demselben Maaße, und daher kommt es, daß z. B. bei der Verdichtung der atmosphärischen Luft stets Wärme frei und bei ihrer Verdünnung Wärme gebunden wird. Durch erstere erklärt sich die Wirkung des sogenannten pneumatischen Feuerzeugs oder der Molletschen Pumpe, deren wir schon früher gedachten, so wie die Selbstentzündung der Kohle, in deren Poren die Gase so stark verdichtet werden, daß sie durch die dabei freiwerdende Wärme ins Glühen kommen, und die Wirkung des Platina-Wasserstoff-Feuerzeugs, bei welch letzterem fein zertheilter Platinaschwamm durch Verdichtung des auf ihn strömenden Wasserstoffgases gleichfalls glühend wird. Durch zweite die Erscheinung, daß ein unter der Glocke einer Luftpumpe angebrachtes empfindliches Thermometer augenblicklich beim Verdünnen der Luft durch Auspumpen eine Wärmeabnahme zeigt und daß die innere Seite der Glocke selbst beschlägt, wenn man wieder Luft unter dieselbe läßt. Diese Seite ist durch die Verdünnung der Luft so abgekühlt, daß sie die in der Luft befindlichen Wärmedünste an sich niederschlagen macht. Ferner, daß die Temperatur der Luft mit der Höhe abnimmt, obgleich die wärmeren Luftschichten stets in die Höhe steigen. Die Luft wird mit ihrer Entfernung von der Oberfläche der Erde stets ausgedehnter und dadurch immer mehr geeigneter, Wärme aufzunehmen. Dagegen verschlucken die unteren und dichteren Luftschichten in demselben Raume nicht nur eine größere Menge von Sonnenstrahlen und werden dadurch stärker erwärmt, sondern sie sind es auch, durch welche zuerst die vom Boden ausgehenden Wärmestrahlen dringen und indem sie einen Theil davon aufhalten, lebhaft erwärmt werden. Auch wenn die Wärme selbst eine Aenderung der festen Körper hervorbringt, so findet dabei eine Zunahme der specifischen Wärme statt, denn Eisen, das schon bis zu $+ 240^0$ R erwärmt ist, bedarf einer größeren Wärmemenge, um sich bis zu $+ 250^0$ R zu erhitzen, als Eisen von $+ 60^0$ R nöthig hat, um bis auf $+ 70^0$ R erwärmt zu werden.

Die aus der Aenderung des Aggregatszustandes hervorgehende Aenderung der specifischen Wärme ist nicht unbedeutend und ist z. B. für Wasser $= 1$, für Eis $= \frac{9}{16}$, für Wasserdampf $= \frac{4}{5}$.

Die Wärmecapacitätsänderung bei chemischen Verbindungen muß schon deßhalb eintreten, weil jedesmal damit eine Aenderung entweder in der Dichtigkeit der Körper, oder in ihrem Aggregatszustande verbunden ist, und sie ergibt sich vorzüglich aus der dabei freiwerdenden oder gebundenen Wärme. Gießt man z. B. Schwefelsäure, deren specifische Wärme $= \frac{1}{3}$

ist, in Wasser, so entsteht eine sehr bedeutende Erhöhung der Temperatur. Das Wasser nimmt nämlich, indem es sich chemisch mit der Säure verbindet, einigermaaßen die Natur der Säure an, d. i. seine specifische Wärme geht von 1 auf $\frac{1}{3}$ herab, und es werden daher von dem gesammten im Wasser enthaltenen Wärmestoff zwei Drittel frei und durch Temperaturerhöhung fühlbar. Auf ähnliche Weise erklärt sich die große, bereits erwähnte Hitze beim Löschen des Kalks und die selbst bis zum Entzünden gehende Erhitzung, wenn man gleiche Theile concentrirte, rauchende Salpetersäure und Schwefelsäure gemischt zu eben so viel Terpentinöl gießt u. s. w.. Die Ursache der ersteren Erscheinung liegt einfach in der begierigen Verschluckung des Wassers, da der Kalk beim Brennen sein Krystallwasser verliert, welches in solcher Menge in ihm vorhanden ist, daß es mit Einschluß der gleichfalls entweichenden Kohlensäure nahe $\frac{1}{4}$ seines Gewichtes beträgt. Nimmt man statt des Wassers Salpetersäure oder gar Schwefelsäure, so ist die Erhitzung ungleich stärker, weil die Anziehung zu diesen Flüssigkeiten größer ist.

V. Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche.

Bereits beim Aufzählen der verschiedenen Quellen der Wärme wurde gleich Anfangs der Hauptquelle der Wärme für unsere Erde, der Sonne, gedacht und dabei erwähnt, daß durch sie allein das Gedeihen der Pflanzen- und Thierwelt möglich ist und sie somit als die Quelle alles Lebens auf unserem Planeten betrachtet werden muß. Je höher die Sonne über unserem Horizont zu stehen kommt, je senkrechter also die Richtung ist, in welcher ihre Strahlen herab kommen, um so größer ist die Menge dieser Strahlen, welche eine gegebene Fläche trifft, um so größer die Kraft ihrer Erwärmung und als Folge davon, um so größer die Entwicklung einer üppigen Vegetation, wenn eine zweite Bedingung ihres Bestehens, nämlich die Feuchtigkeit, nicht fehlt. Je weniger hoch aber die Sonne am Himmelsgewölbe heraufsteigt, um so schräger fallen ihre Strahlen auf und um so geringer ist ihre auf eine bestimmte Fläche auffallende Menge, so daß sie daselbst eine kaum merkliche Wirkung hervorbringen, die Natur vom ewigen Eise starrt und alles Thier- und Pflanzenleben aufhört. Nehmen wir zu dieser verschiedenen Höhe der Sonne über unserem Horizont noch die verschiedene Dauer ihres Verweilens über demselben hinzu-

die sich Bezugs der Wirksamkeit der Sonnenstrahlen gleichfalls bedeutend geltend machen muß, so ist leicht ersichtlich, daß die Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche zunächst und im Allgemeinen in dem jedesmaligen Stand der Sonne gegen die Erde und in dem längeren oder kürzeren Verweilen der Sonne über dem Horizonte eines gegebenen Ortes ihren Grund hat.

Der verschiedene Stand der Sonne am Himmelsgewölbe rührt aber, wie wir wissen, von keiner wirklichen Bewegung der Sonne, sondern vielmehr der Erde her; die Sonne bleibt in Ruhe und wir bewegen uns um die Sonne, schreiben aber, weil wir von unserer Bewegung nichts merken, dagegen die Sonne in Folge dieser ihre Stelle am Himmel verändern sehen, diese Bewegung der Sonne zu und unterliegen derselben Täuschung, wie auf dem Verdecke eines schnell stromabwärts fahrenden Schiffes, wo es uns auch däucht, als blieben wir an derselben Stelle und die Gegenstände am Ufer rückten uns stets näher und an uns vorbei. Dieß verändert jedoch hier die Sache nicht, und wir mögen uns immerhin vorstellen, die Sonne bewege sich innerhalb eines Jahres wirklich in jenem, rings um den Himmel sich herumziehenden Gürtel, dem sogenannten Thierkreis, dessen eine Hälfte wir in jeder sternhellen Nacht in der halben Anzahl der 12 Sternbilder, durch welche er sich hindurch zieht (Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Waage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische) erblicken. In der Mitte dieses Gürtels nimmt die Sonne ihren jährlichen Lauf und der Kreis an der Himmelskugel, in welchem dieß geschieht, führt den Namen Ekliptik.

Um sich nun einiger maaßen von der Lage dieser Ekliptik am Himmel einen richtigen Begriff zu machen, schenke man der Bewegung der Sterne in einer heiteren Nacht einige Aufmerksamkeit. Wir werden bald bemerken, daß die Sterne im Osten auf- und im Westen untergehen, nachdem sie in einem gegen den Horizont schräge liegenden Bogen am Himmelsgewölbe vorüber gezogen sind. Diese Bögen sind um so kleiner, je weiter die Sterne am östlichen Himmel gegen Süden zu auf- und am westlichen untergehen; die Zeit, welche der Stern zur Vollendung seines Laufes gebraucht, beträgt um so weniger als 12 Stunden. Geht der Stern im Ostpunkte des Horizonts selbst auf, so geht er im Westpunkte unter und die Bahn, welche er bei seinem schrägen Durchwandeln des Himmels beschrieben hat, ist ein halber Kreis, wozu er 12 Stunden Zeit gebrauchte. Sterne, die nördlich vom Ostpunkte aufgehen, ziehen alle insgesammt in Bahnen dahin, die größer als Halbkreise sind, verweilen länger

als 12 Stunden über dem Horizonte und dieß in dem Maaße um so mehr, je weiter nördlich vom Ostpunkte sie am Gesichtskreise hervortauchen, so daß diejenigen, welche in der Nähe des Nordpunktes selbst sichtbar werden, am Himmel sich in fast vollkommenen Kreisen bewegen und nur auf ganz kurze Zeit unter dem Horizont verschwinden. Endlich beobachten wir in der höheren nördlichen Gegend des Himmels eine große Anzahl Sterne, welche gar nicht auf- und untergehen, also während der ganzen Nacht sichtbar sind, und die sich in vollkommenen Kreisen bewegen und zwar in um so kleineren, je näher sie einem gewissen Punkte des Himmels zu stehen kommen. Dieser Punkt des Himmels, dem am Himmel gerade gegenüber ein zweiter liegt, heißt der Pol desselben und um ihn als ihren gemeinschaftlichen Mittelpunkt drehen sich alle Sterne des Himmels. Je weiter nun ein Stern bis zu einer gewissen Entfernung vom Pole absteht, um so größer ist der Kreis, den er täglich bei der Bewegung der Himmelskugel beschreibt; den größten Kreis beschreiben aber offenbar alle diejenigen Sterne, welche von beiden Polen gleichweit entfernt in jenem größten Kreise sich befinden, der die ganze Himmelskugel in zwei gleich große Halbkugeln theilt und deßhalb Himmelsäquator genannt wird. Es zieht sich aber dieser Kreis bei uns vom Ostpunkte des Himmels bis zum Westpunkte schräge herüber, so daß sein höchster Punkt am Himmel genau in der Richtung nach Süd etwa 80 Vollmondsdurchmesser vom Horizont entfernt zu liegen kommt, und seine Lage wird durch alle diejenigen Sterne bezeichnet, welche im Ostpunkte des Himmels auf und im Westpunkte untergehen.

Mit diesem Himmelsäquator fällt nun die Sonnenbahn nicht zusammen, sondern steigt einmal über denselben herauf und sinkt dann unter denselben herab, wobei sich beide in zwei, an der Himmelskugel gerade gegenüber liegenden Punkten durchschneiden, im Zeichen des Widders und der Waage. Der höchste nördliche Punkt der Ekliptik über dem Aequator befindet sich im Zeichen des Krebses und ist eine Strecke vom Aequator entfernt, die ohngefähr 47 am Himmelsgewölbe aufgethürmte Sonnen- oder Vollmond-Scheiben ausmachen würden; der tiefste Punkt unterhalb des Aequators im Zeichen des Steinbocks, der eben so weit nach Süden vom Himmelsäquator absteht.

Daraus ist nun ersichtlich, daß die Sonne zweimal des Jahrs im Aequator steht und von der einen Zeit bis zur anderen einmal die Hälfte ihrer jährlichen Kreisbahn oberhalb des Aequators in der nördlichen Himmelskugel zurück legt, dann die zweite Hälfte derselben unterhalb des

Aequators in der südlichen. Am 21 März steht die Sonne im Aequator, im Zeichen des Widders, steigt durch die Zeichen Widder, Stier, Zwillinge immer mehr über den Aequator herauf und erreicht im Zeichen des Krebses am 21 Juni ihren höchsten Stand über dem Aequator. Von da wendet sie sich dem Aequator wieder zu, (daher Wendekreis des Krebses), durchläuft die Zeichen Krebs, Löwe, Jungfrau und gelangt am 21 Septemper zu ihrem zweiten Durchschnittspunkte mit dem Aequator im Zeichen der Waage. Nun schickt sich die Sonne zum Durchlaufen der unterhalb des Himmelsäquators liegenden Hälfte ihrer Bahn an, deren drei erste Zeichen: Waage, Scorpion, Schütze, sie auch bis zum 23. December zurücklegt und dann ins Zeichen des Steinbocks, den am tiefsten gelegenen Punkt ihrer Bahn unterhalb des Aequators, tritt. Von diesem Punkte an wendet sie sich wieder dem Aequator zu (Wendekreis des Steinbocks) und gelangt nach einem Vierteljahre durch die Zeichen Steinbock, Wassermann, Fische wiederholt zu ihrem Durchschnittspunkte mit dem Aequator im Zeichen des Widders, von welchem aus wir ihren jährlichen Lauf so eben kennen gelernt haben.

Von dem täglichen Stand der Sonne in der Ekliptik hängt nun für irgend einen Ort der Erde ihre tägliche, größte Höhe zur Mittagszeit und also die Größe des Winkels ab, unter welchem die Sonnenstrahlen zu dieser Zeit zu ihm gelangen. Für die Bewohner des Aequators der Erde fallen die Sonnenstrahlen senkrecht auf, wenn, wie es zweimal des Jahres der Fall ist, die Sonne im Himmelsäquator steht. Außerdem steht ihnen aber nie mehr als höchstens 47 Vollmondsbreiten weit die Sonne vom Scheitel entfernt, und daher die ziemlich gleichförmige Vertheilung der Wärme auf dem Erdäquator. Je mehr man sich den Wendekreisen nähert, desto merklicher werden die Unterschiede der Temperatur in verschiedenen Zeiten des Jahrs und desto deutlicher spricht sich der Charakter der Jahreszeiten aus. Immerhin heißt aber der ganze Erdgürtel zwischen den beiden Wendekreisen die heiße Zone, weil hier die immer nur wenig schräg auffallenden Wärmestrahlen die kräftigste Wirkung hervorbringen können. In den gemäßigten Zonen, jenen zwei, zwischen den Wende- und Polarkreisen der nördlichen Erdhälfte liegenden Erdgürteln, wo die Sonne bei ihrem tiefsten Stande zwar nicht ganz verschwindet und bei ihrem höchsten nicht vollends in dem Scheitel zu stehen kommt, sind die 4 Jahreszeiten am entschiedensten ausgesprochen; im Allgemeinen nimmt natürlich die Wärme mit der Entfernung vom Aequator ab. Um die beiden Pole herum bis zu den Polarkreisen liegen die nördliche und südliche kalte

Zone; kalt deßhalb genannt, weil bei den am meisten begünstigten Orten die Sonne bei ihrem höchsten Stande noch 86 Vollmondsbreiten vom Scheitel entfernt absteht, ihre Strahlen mithin schon bedeutend schräge auffallen, bei den am wenigsten begünstigten aber die Sonne selbst 47 Vollmondsbreiten tief Mittags unter dem Horizont zu stehen kommt.

Aber nicht blos von dem mehr oder minder hohen, täglichen Stand der Sonne über dem Horizont, der die Eintheilung der Erde in verschiedene Zonen begründet, hängt die Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche ab, sondern auch von dem längeren oder kürzeren Verweilen der Sonne über dem Horizont, oder der längeren oder kürzeren Dauer der Tage. Nur während des Tages wird die Erdoberfläche durch die Sonnenstrahlen erwärmt, nach Sonnenuntergang strahlt sie Wärme gegen den Himmelsraum aus, ohne daß dieser Verlust ersetzt wird, während der Nacht muß also die Erdoberfläche erkalten.

Unter dem Aequator ist das ganze Jahr hindurch Tag und Nacht beständig gleich, dauert jede Nacht und jeder Tag 12 Stunden; alle anderen Orte der Erde aber haben bald längere, bald kürzere Tage, welche mit dem Heraufsteigen der Sonne über und ihrem Hinabsteigen unter den Aequator, oder mit ihren Jahreszeiten in nahem Zusammenhange stehen, und dieser Wechsel wird um so auffallender, je mehr man sich vom Aequator den Polen nähert. Nachstehend findet man die Dauer des längsten Tags für verschiedene geographische Breiten angegeben, wodurch zugleich die Dauer des kürzesten bekannt ist, wenn man erwägt, daß der längste und kürzeste Tag für alle Orte der Erde genau 24 Stunden ausmacht.

Geogr. Breite.	Dauer des längsten Tags.	Geogr. Breite.	Dauer des längsten Tags.
0°	12 Stunden	64° 50′	21 Stunden
16° 44′	13 "	65° 48′	22 "
30° 48′	14 "	66° 21′	23 "
41° 24′	15 "	66° 32′	24 "
49° 22′	16 "	67° 23′	1 Monat
54° 31′	17 "	69° 50′	2 "
58° 27′	18 "	73° 39′	3 "
61° 19′	19 "	90°	6 "
63° 23′	20 "		

Unter dem Aequator kann also von keinem Einfluß der Tageslänge auf den Gang der Wärme in den verschiedenen Jahreszeiten die Rede seyn und in der heißen Zone überhaupt die höchste Ungleichheit der Tageslänge von

nicht drei Stunden nicht viel die Temperaturunterschiede zwischen der heißen und kalten Jahreszeit vergrößern oder verkleinern; in sehr hohem Grade ist dieß aber bei sehr hohen Breiten der Fall. Dort kann die Sonne durch ihr längeres Verweilen über dem Horizont eines Orts, also durch die längere Dauer ihrer Einwirkung, die Kraft ersetzen, welche den schräg auffallenden Sonnenstrahlen abgeht und daher kann es kommen, daß es selbst an Orten, die sehr weit vom Aequator entfernt liegen, zur Zeit ihrer längsten Tage öfters sehr heiß wird, in Petersburg z. B., welches doch eine geographische Breite von 60° hat, das Thermometer an heißen Sommertagen nicht selten auf + 14° R steigt. Aber ebendaselbst kommt noch zur Winterszeit zum tiefen Stand der Sonne am Himmelsgewölbe und dem sehr schiefen Auffallen der Sonnenstrahlen die kurze Dauer der Einwirkung der Sonne und die lange Zeit der Wärmeausstrahlung des Bodens während der Nacht, was sehr bedeutende Unterschiede zwischen der Temperatur des Sommers und des Winters hervorruft, die im Allgemeinen um so größer seyn müssen, je weiter die Orte vom Aequator entfernt sind.

Nimmt man nun diese beiden Hauptumstände, von denen der jedem Orte der Erde zukommende Wärmegrad abhängt, die Menge und Kraft der ihn treffenden Sonnenstrahlen, so wie die Dauer des Bescheinens, zusammen, so läßt sich das Vertheilungsgesetz der Wärme auf der Erdoberfläche ohne große Mühe entwickeln und die jedem Orte der Erde zukommende mittlere Wärme berechnen, die er zufolge seiner geographischen Lage an einem beliebigen Tage haben sollte. Unter der mittleren Wärme eines Tages versteht man aber diejenige, welche man erhält, wenn man die zu verschiedenen Stunden desselben Tags beobachteten Temperaturen addirt und diese Summe mit der Zahl der Beobachtungen dividirt. Und so würde sich denn folgende Tafel der Temperaturen der Erdoberfläche für verschiedene geographische Breiten aufstellen lassen:

Geogr. Breite.	Temperatur zu Anfang des		
	Sommers	Winters	Frühlings u. Herbstes
0°	+ 28½° R	+ 25° R	+ 30° R
10°	+ 28	+ 20½	+ 28½
20°	+ 29	+ 15½	+ 25½
30°	+ 29	+ 10½	+ 22
40°	+ 27	+ 5	+ 17
50°	+ 23	+ 2	+ 12
60°	+ 19	+ ⅓	+ 10
70°	+ 14	+ 1/10	+ 3
80°	+ 9	— 1	+ ⅘
90°	+ 4½	— 4½	0

Allein die Vertheilung der Wärme hängt nicht blos von den oben berücksichtigten Ursachen ab, sondern von noch gar vielen anderen Umständen: von der Oertlichkeit, der Beschaffenheit des Bodens, von der eigenthümlichen Fähigkeit der strahlenden Oberfläche des Erdbodens u. s. w. ab, daß obige Bestimmung uns die Wärmevertheilung der Erde nur in groben Zügen kennen lehrt und sich kein allgemeines Gesetz darüber aufstellen läßt, wie es wohl der Fall wäre, wenn, wie der große Meister in diesem Fache der Naturwissenschaften, Hr. A. von Humboldt sagt, die Oberfläche eines Planeten eine gleiche Krümmung hätte, wenn sie aus einer und derselben flüssigen Masse oder aus Steinschichten zusammengesetzt wäre, die gleichartig, gleichfarbig, gleichdicht wären, indem sie die Sonnenstrahlen auf gleiche Weise einsaugten, auf gleiche Weise gegen die Atmosphäre oder (ohne Atmosphäre) gegen die Himmelsräume ausstrahlten. Es bleibt uns demnach nichts übrig, als das Thermometer in die Hand zu nehmen und mittelst desselben sowohl die Menge der jährlichen Menge, welcher jeder Punkt auf der Erdoberfläche empfängt, als auch, was für den Ackerbau und die Wohlfahrt der Bewohner der Erde am wichtigsten ist, die Vertheilung dieser Wärmemenge unter den Jahreszeiten kennen zu lernen.

Dieses wird uns lehren, daß Orte von gleicher geographischer Breite ein sehr ungleiches Klima haben, und wir werden leicht einsehen, daß blose Betrachtungen nicht ausreichen, um die klimatischen Verhältnisse abzuleiten, und daß die wahre Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche sich nur durch zahlreiche, Jahre lang fortgesetzte Beobachtungen genügend ermitteln läßt.

Vor Allem ist nun nöthig, die wahre mittlere tägliche, monatliche und jährliche Temperatur so vieler Orte, als nur immer möglich, zu bestimmen. Man versteht aber unter wahrer mittlerer täglicher, monatlicher und jährlicher Temperatur diejenige, welche, wenn sie den ganzen Tag, Monat oder das ganze Jahr statt fände, dieselbe Wirkung der Wärme hervorbringen würde, als die Summe der in stetiger Folge wirklich statt findenden Temperaturen. Die mittlere Tagstemperatur würde man genau finden, wenn man etwa von Stunde zu Stunde die Temperatur beobachtete, diese **24** Beobachtungen addirte und ihre Summe durch **24** dividirte. Allein wenn solche Beobachtungen längere Zeit fortgesetzt werden sollen, so ist klar, daß eine einzelne Person sie nicht anstellen kann und daß wenigstens mehrere sich zu diesem Zwecke vereinigen müssen, was nicht immer leicht zu erzielen ist. Es war daher für die Wärmebeobachtungen von der größten Wichtigkeit, Mittel und Wege ausfindig zu machen, durch welche man die mittlere Temperatur ohne diese stündlichen Beobachtungen ausfindig machen kann. Zweimal des Tags muß das Thermometer, das liegt in der Natur der Sache, die mittlere Temperatur angeben; es handelte sich also nur darum, die Stunden auszumitteln, in welchen dieß der Fall ist, und dann nur zu diesen Stunden den Thermometerstand abzulesen. Weil aber gerade zu diesen Zeiten der Stand des Thermometers sich am schnellsten verändert, man also einen bedeutenden Fehler begehen kann, wenn man nur etwas zu früh oder zu spät beobachtet, so zieht man es vor, das Thermometer in mehreren *gleichnamigen Stunden*, etwa um **4** Uhr und **10** Uhr Morgens und um **4** Uhr und **10** Uhr Abends zu beobachten, die Summe der Thermometer-Stände mit vier zu dividiren und so die mittlere Tags-temperatur zu erhalten, die auf $\frac{1}{10}$ Grad genau mit derjenigen übereinstimmt, welche man aus noch so vielen Beobachtungen gefunden hat. Ein nahe mit diesem übereinstimmendes Resultat für die mittlere tägliche Temperatur bekommt man auch, wenn Morgens **7** Uhr, Mittags **12** Uhr und Abends **10** Uhr beobachtet und aus diesen **3** Beobachtungen das Mittel genommen wird. Uebrigens findet der niedrigste Stand des Thermometers kurz vor Sonnenaufgang, der höchste Stand einige Stunden nach Mittag statt, und zwar im Sommer später, im Winter früher.

Dieser Gang läßt sich leicht erklären. Vor Mittag, während die Sonne stets höher und höher steigt und ihre Strahlen immer weniger schräg der Erdoberfläche zusendet, empfängt diese mehr Wärme als sie ausstrahlt und sowohl ihre Temperatur, als die der Atmosphäre muß also steigen. Dieß dauert nun auch noch etwas über Mittag, wo die Sonne freilich ihren höch-

sten täglichen Stand erreicht hat, hinaus; wenn die Sonne aber tiefer sinkt und ihre Strahlen weniger wirksam werden, so tritt der umgekehrte Fall ein, die erwärmte Erde strahlt mehr Wärme aus, als durch die Sonnenstrahlen ersetzt werden kann und diese Abkühlung dauert natürlich nach Sonnenuntergang noch fort bis zum nächsten Aufgang der Sonne.

Das Mittel zwischen dem innerhalb 24 Stunden statt findenden höchsten und niedrigsten Thermometerstande weicht nur um einige Zehntel eines Grades von der wahren mittleren Temperatur, die man durch stündliches Beobachten gefunden hat, ab, weßhalb man sich auch zur mittleren Tagstemperaturbestimmung jener Thermometervorrichtung mit Vortheil bedienen kann, die nur den höchsten und niedrigsten Temperaturgrad während einer gewissen Zeit, in unserem Falle während des Verlaufs eines Tags, angibt und die wir ja früher näher kennen lernten.

Hat man auf eine der angegebenen Arten die mittlere Temperatur aller Tage eines Monats gefunden, so braucht man nur die Summe dieser mittleren Tagstemperaturen durch die Anzahl der Tage des Monats zu dividiren, um die mittlere Temperatur des Monats zu erhalten. Dividirt man die Summe der also im Laufe eines Jahrs erhaltenen mittleren Monatstemperaturen durch die Zahl 12, so ergibt sich im Quotienten die mittlere Temperatur des Jahrs.

Diese mittlere Temperaturen des Jahrs, welche man für einen bestimmten Ort der Erdoberfläche findet, weichen in der Regel nur wenig von einander ab, so daß man die mittlere Jahrestemperatur eines Orts selbst dann schon mit ziemlicher Genauigkeit erhält, wenn man sie nur für einige Jahre kennt. Allein die Verschiedenheit der mittleren Temperaturen eines und desselben Monats von einem Jahr zum andern ist oft sehr bedeutend und man muß, um die wahre Mitteltemperatur eines Monats mit Genauigkeit zu finden, die mittlere Temperatur dieses Monats für eine Reihe von Jahren kennen und das Mittel daraus nehmen.

Bei dieser Erforschung der Temperatur macht man die Bemerkung, daß der Juli durchschnittlich der heißeste, der Januar der kälteste Monat ist, und daß die größte Hitze in unsern Gegenden einige Zeit nach dem Sommersolstitium (21. Juni), die größte Kälte etwas nach dem Wintersolstitium (23. December) statt findet. Die Zeitpunkte, wann beide eintreten, sind für alle Orte derselben Erdhalbkugel im Allgemeinen genau dieselben und können nur durch bedeutende locale Einflüsse verschieden eintreten. Im Durchschnitt können wir für die gemäßigte Zone der nördlichen

Halbkugel den 26. Juli für den heißesten, den 14. Januar für den kältesten Tag des Jahres betrachten.

Was die mittlere Temperatur des Jahres betrifft, so geht aus zahlreichen Temperatur Beobachtungen hervor, daß bei uns, in der nördlichen gemäßigten Zone, die mittlere Jahrestemperatur in der Regel auf den 24. April und den 21. October fällt. Der jährliche Gang der Wärme ist demnach in unseren Gegenden etwa folgender: Die Temperatur steigt von der Mitte Januar Anfangs langsam, schneller im April und Mai, dann wieder langsamer bis zur Mitte Juli; darauf nimmt sie wieder ab, und zwar langsam im August, schneller im September und October und erreicht in der Mitte Januar ihren tiefsten Stand. Die nähere Betrachtung des Sonnenlaufs erklärt uns diesen jährlichen Gang der Wärme hinreichend. Wenn die Sonne nach dem Wintersolstitium wieder höher steigt, so erfolgt dieses Steigen doch so langsam, die Tage nehmen so wenig zu, daß noch keine kräftigere Wirkung der Sonnenstrahlen möglich ist und in Folge der noch länger andauernden Kälte die niedrigste Temperatur erst mehrere Tage nach der Zeit des tiefsten Standes der Sonne in ihrer Bahn eintritt. Erst wenn die Sonne schon etwas weiter nach Norden gerückt ist, erfolgt ein Steigen der Temperatur, das jedoch erst am merklichsten wird, wenn die Sonne zur Zeit der Frühlings-Tag- und Nachtgleiche am rascheſten in ihrer Bahn gegen Norden vorschreitet. Den höchsten Punkt ihrer Bahn erreicht sie wieder langsamen Schrittes und da sie denselben auf dieselbe Weise verläßt, so erlangt die Erde nicht zur Zeit des höchsten, jährlichen Standes der Sonne über dem Horizont ihre größte Erwärmung, sondern erst einige Zeit nachher, wie es bei der Sonne täglich höchsten Stand gleichfalls der Fall ist, daß die größte Hitze des Tags nicht Mittags 12 Uhr, sondern Nachmittags 2 Uhr statt findet. Erst wenn die Sonne sich merklich dem Aequator zuwendet und die Tage merkbar kürzer werden, nimmt auch die Sommerhitze ab, was am fühlbarsten wird, wenn die Sonne wieder unter den Himmelsäquator hinabsinkt und die kürzeren Tage der langen Nacht weichen. Gemessenen Schrittes nähert sich endlich die Sonne dem tiefsten Punkte ihrer Bahn, um ihn gleicher Weise wieder zu verlassen, und daher die anhaltend unbedeutende Erwärmung, die unserer Erde zu dieser Zeit von der Sonne zu Theil wird. Mehr mit diesem jährlichen Gang der Wärme, als mit dem Sonnenlaufe überhaupt sollte die Eintheilung des Jahrs in die bekannten 4 Jahreszeiten im Zusammenhange stehen, wo es sich dann als am passendsten herausstellen würde, das Jahr so einzutheilen, daß der heißeste Monat (Juli) in die Mitte des Sommers und der kälteste

(Januar) in die Mitte des Winters fiele. Der Winter umfaßte die Monate: December, Januar, Februar; der Frühling: März, April, Mai; der Sommer: Juni, Juli, August; und der Herbst: September, October, November.

In Folge der oben erwähnten genauen Beobachtungen ist man denn auch bis jetzt im Stande, von vielen Orten auf der ganzen Erde die mittlere Temperatur des Jahres, der Jahreszeiten in der obigen Bedeutung und des kältesten und wärmsten Monats anzugeben und dadurch die Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche kennen zu lernen, wobei sich sogleich herausstellt, daß nicht alle auf demselben Breitengrad liegende Orte gleiche mittl. Temperatur haben. In folgender Tabelle finden sich die Resultate von mehreren Hauptorten zusammengestellt. Bei der Angabe ihrer mittleren jährlichen Temperatur bezeichnet die Zahl vor dem Komma die Anzahl der ganzen Grade, die nach dem Komma die der zugehörigen Zehntel, so daß z. B. 8,7° gelesen wird 8⁷/₁₀ Grad.

Geogr. Breite	Geogr. Länge	Name des Orts	Mittlere Jahrestemperatur R°
74° 45′	113° 0′ W.	Melville, Insel	— 14, 8
65 12	125 32 „	Fort Franklin	6, 9
45 52	4 48 O.	St. Bernhard	0, 9
46 33	6 14 „	St. Gotthard	0, 9
58 12	65 46 „	Tobolsk	0, 5
71 10	23 59 „	Nord-Kap	+ 0, 1
55 47	35 13 „	Moskau	2, 8
59 56	27 58 „	Petersburg	3, 0
63 26	8 3 „	Drontheim	3, 3
60 27	19 57 „	Abo	3, 6
59 55	85 29 „	Christiania	4, 2
59 21	15 44 „	Stockholm	4, 4
54 42	18 9 „	Königsberg	4, 8
50 57	8 23 „	Gotha	5, 3
48 45	9 5 „	Ingolstadt	6, 0
54 20	16 17 „	Danzig	6, 1
51 6	14 42 „	Breslau	6, 3
48 21	8 33 „	Augsburg	6, 4
60 24	2 58 „	Bergen	6, 5
55 41	10 15 „	Koppenhagen	6, 5
51 32	7 33 „	Göttingen	6, 6
55 58	5 20 W.	Edinburg	6, 7
50 56	9 17 O.	Jena	6, 7
48 31	6 43 „	Tübingen	6, 8
53 34	7 35 „	Hamburg	6, 9
49 1	9 36 „	Regensburg	6, 9

Geogr. Breite	Geogr. Länge	Name des Orts	Mittlere Jahrestemperatur R⁰
48⁰ 8′	9⁰ 14′ O.	München	6, 9
52 31	11 3 „	Berlin	7, 0
51 31	2 25 W.	London	7, 8
53 21	8 39 „	Dublin	7, 4
42 39	76 7 „	Albany	7, 8
50 7	6 15 O.	Frankfurt a/M.	7, 9
50 5	12 4 „	Prag	7, 9
48 46	6 57 „	Stuttgart	7, 9
47 48	40 41 „	Salzburg	8, 0
42 25	73 43 W.	Cambridge	8, 1
50 51	2 2 O.	Brüssel	8, 2
49 29	6 7 „	Mannheim	8, 2
49 47	7 36 „	Würzburg	8, 3
48 12	14 2 „	Wien	8, 3
51 55	2 9 „	Rotterdam	8, 4
48 50	0 0 „	Paris	8, 6
52 22	2 33 „	Amsterdam	8, 7
45 5	5 20 „	Turin	9, 3
39 56	77 36 W.	Philadelphia	9, 4
47 13	3 53 „	Nantes	10, 1
39 54	114 5 „	Peking	10, 2
45 28	6 51 „	Mailand	10, 3
43 18	3 2 O.	Marseille	11, 4
40 25	6 2 W.	Madrid	11, 7
43 46	8 55 O.	Florenz	12, 2
41 53	10 9 „	Rom	12, 4
45 38	11 26 „	Triest	12, 7
40 50	11 35 „	Neapel	13, 4
19 25	101 25 W.	Mejico	13, 6
36 0	7 41 „	Gibraltar,	14, 5
19 30	99 9 „	Xalapa	14, 6
36 48	7 51 O.	Tunis	16, 0
32 20	67 10 „	Bermuda	18, 6
23 9	84 33 W.	Havanna	20, 4
5 38	57 50 „	Surinam	20, 4
22 35	86 10 „	Calcutta	21, 0
1 17	101 31 „	Singapore	21, 5
18 58	70 18 O.	Bombay	22, 2
11 55	77 32 „	Pondichery	23, 8
6 9	105 32 „	Batavia	22, 2
20 10	55 8 „	Port Louis	20, 6
22 54	45 36 W.	Rio Janeiro	18, 8
0 13	81 5 „	Quito	12, 4
51 25	62 19 „	Falklands=Inseln	6, 6

Eine klare Uebersicht jedoch über diese Vertheilung verdanken wir dem bereits erwähnten berühmten A. v. Humboldt, der alle Orte derselben Halbkugel, welche gleiche mittlere Jahreswärme haben, durch eine Linie (Isothermische Linie) verband und uns so die durch die angegebenen verschiedenen, örtlichen Einwirkungen verursachten Temperaturunterschiede im Bilde vorführte. Eine solche isothermische Linie (Linie von gleicher Wärme) würde z. B. der Weg desjenigen Reisenden vorstellen, welcher etwa von München aus so seine Reise um die Welt machte, daß er alle Orte unserer Halbkugel besuchte, welche dieselbe mittlere Jahrestemperatur haben wie München. Diese Linie zieht sich keineswegs durch alle Orte, welche mit München gleiche geographische Breite haben und läuft so mit dem Erdäquator parallel, sondern sie ist unregelmäßig und gekrümmt, d. h. sie geht durch Orte, welche eine ganz andere Breite haben als München. Am Erdäquator selbst ist die mittlere Temperatur der Meerufer = + 22° R, auf der Westküste von Amerika und Afrika jedoch etwas geringer, im Innern der beiden Continente, besonders in Afrika, ist die mittlere Temperatur höher als an den Küsten und erreicht selbst eine Höhe von mehr denn 23° R. Daraus erkennt man, daß der isothermische Aequator oder der Wärmeäquatnr, d. h. die Linie, welche die heißesten Punkte der Erdoberfläche verbindet, nicht mit dem Aequator zusammen fällt, die heißesten Gegenden der Erde also gerade nicht immer unter dem Erdäquator sich befinden und größtentheils auf die nördliche Erdhalbkugel zu liegen kommen. Diese ist im Allgemeinen wärmer als die südliche, was wohl daher rühren mag, daß die nördliche Halbkugel viel mehr festes Land hat als die südliche und daher die Sonnenstrahlen mehr einsaugt nnd verschluckt, als zurück wirft, wie es vom Meere geschieht. —

Allein die Kenntniß blos der mittleren Temperatur eines Landes reicht nicht hin, seine Wärmeverhältnisse kennen zu lernen. Für den Ackerbau und die Wohlfahrt der Bewohner der Erdoberfläche ist es am vortheilhaftesten, die Vertheilung der Wärmemenge auf die Jahreszeiten genau zu wissen, und was in dieser Beziehung aus der obigen Tabelle für alle 4 Jahreszeiten für gewisse Orte zu ermitteln ist, das leistet für die zwei Hauptjahreszeiten eine Karte, in welcher man alle Orte durch Linien verbindet, welche gleiche mittlere Winter- und Sommertemperatur haben. Die Linien gleicher mittlerer Wintertemperatur heißen Isochimenen, die Linien gleicher mittlerer Sommertemperatur aber, Isotheren.

Wären auf einer größeren Karte zugleich die genannten drei Linien, welche auf die Wärme der Erdoberfläche Bezug haben, verzeichnet, so

würde sich herausstellen, daß ein und dieselbe Isotherme von verschiedenen Isotheren und Isochimenen durchschnitten würde, woraus hervorgeht, daß nicht alle Orte, welche gleiche mittlere Jahrestemperatur haben, auch sonst gleicher klimatische Verhältnisse theilhaftig sind. So würde z. B. durch Edinburg und Tübingen die Isotherme von + $6^9/_{10}{}^0$ R sich hinziehen, durch Edinburg aber die Isochimene von + $2^9/_{10}{}^0$ R, durch Tübingen die von + $^1/_6{}^0$ R. Tübingen hat also einen weit kälteren Winter als Edinburg, dagegen zieht sich durch Tübingen die Isothere von + $13^3/_5{}^0$ R, durch Edinburg nur die von + $11^1/_2{}^0$, so daß also bei gleicher mittlerer Jahrestemperatur Tübingen zwar einen weit kälteren Winter, aber auch einen wärmeren Sommer als Edinburg hat.

Fragen wir nun nach der Ursache des verschiedenen Laufs der genannten Linien und damit nach der Ursache der Verschiedenheit des Klima, besonders von solchen Orten, die zufolge der Einwirkung der Sonne, der Hauptquelle der Wärme unserer Erdoberfläche, ein gleiches haben sollten, so lassen sich im Allgemeinen wohl mehrere Umstände annehmen, die auf die Bildung der Verschiedenheit desselben merklichen Einfluß haben. Unter diesen ist nun vor Allem die Erhebung des Landes über die Meeresfläche zu nennen.

Die Wärme der Luft, welche sie theils durch das Einsaugen der durch sie hindurch gehenden Sonnenstrahlen, theils durch die erwärmte Erdoberfläche durch Mittheilung und Strahlung erhält, nimmt, wie wir früher bemerkt haben, mit ihrer Entfernung von der Erdoberfläche stets ab, wie ihre Dichtigkeit, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man in höhere Luftregionen aufsteigt, mag man sich nun in einem Luftballon erheben oder den Gipfel eines hohen Berges besteigen. Je höher nun ein Land über der Meeresfläche erhaben ist, um so mehr wird seine Temperatur abnehmen. Dafür spricht unter Anderem die Veränderung der Vegetation auf hohen Bergen. Je höher man steigt, desto mehr nimmt die Vegetation den Charakter kälterer Himmelsstriche an, was besonders in der heißen Zone und in dieser besonders auf den ungeheuren Gebirgen Südamerikas zu bemerken ist, wo man in einem Tage aus den Wäldern von Palmen und Bananen bis zu den Grenzen des ewigen Schnees aufsteigen kann. In diesen Gebirgen, besonders den Anden und Mexicanischen Gebirgen, nimmt die Temperatur mit der Höhe über der Meeresfläche also ab, wie aus folgender Tabelle von A. v. Humboldt ersichtlich ist:

Höhe über der Meeresfläche		Mittlere Jahrestemperatur	
Fuß		Cordilleren der Andes	Mexikanische Gebirge
pariser	bayer.	Grade nach R	Grade nach R
0	0	+ 22	+ 20 4/5
3000	3340	17 1/2	15 4/5
6000	6680	14 3/4	14 2/5
9000	10020	11 1/2	11 1/5
12000	13360	5 3/5	6
15000	16700	4 2/5	4/5

So wie die Temperatur in den Anden bei gleicher Erhebung über die Meeresfläche anders abnimmt, als in den Mexikanischen Gebirgen, so läßt sich im Allgemeinen kein Gesetz über die Temperaturabnahme für alle Gegenden aufstellen. Beim Aufsteigen in einem Luftballon muß natürlich diese Abnahme anders erfolgen als auf hohen Bergen, weil ja diese erwärmend auf die sie umgebenden Luftschichten einwirken müssen, und dieser Einfluß wird um so mächtiger seyn, je bedeutender die Masse der Gebirge ist. Daher ist es unter sonst gleichen Umständen auf Hochebenen wärmer als auf einzeln stehenden Berggipfeln von gleicher Höhe, und so baut man auf der Hochebene von Tibet und der chinesischen Tartarei bei einer geographischen Breite von 30° in einer Höhe von 11270 par. oder 12550 bayer. Fuß noch Waizen mit Erfolg und die Cultur der Gerste steigt noch weit höher hinauf, während auf dem südlichen Abhange des Himalaya in den Thälern des Ganges bei derselben geographischen Breite schon in einer Höhe von 9140 par. oder 10175 Fuß alle Cultur aufhört. Ueberhaupt kann eine Hochebene von bedeutendem Umfange durch die Sonnenstrahlen, denen sie durch ihre weniger dichte und hohe Luftschicht einen freieren Zutritt gestattet, als die tieferen Gegenden, also erwärmt werden, daß sie einen merklichen Einfluß auf die Erwärmung der höheren Luftregionen, welche über ihr schweben und wegen der größeren Ausdehnung der Ebene längere Zeit mit dem erwärmten Boden in Berührung bleiben, ausübt und einen Temperaturgrad erreicht, den man nach ihrer Höhe nicht erwarten sollte. Nur ist bei ihnen aber auch der Wärmeverlust, den sie durch die nächtliche Ausstrahlung erleiden, viel beträchtlicher als in der Tiefe und daher der Unterschied der Tagstemperatur bedeutender. Auf der Hochebene von Caramarka in Peru, wo in

einer Höhe von 8784 par. oder 9776 bayer. Fuß die mittlere Temperatur + 13° R ist, erfriert doch der Waizen häufig des Nachts.

Abgesehen nun von dieser Ausnahme nimmt die Temperatur mit der Entfernung von der Meeresfläche stets ab, und so kann es sich also nicht fehlen, auf der Erdoberfläche solche Regionen anzutreffen, wo die mittlere Temperatur des Jahres 0° R ist. Hier, glaubte man sonst, müsse sich die Grenze des ewigen Schnees befinden. Wenn dieß so wäre, so müßten alle Länder, deren mittlere Jahrestemperatur unter 0° R ist, beständig mit Schnee bedeckt seyn, während wir doch z. B. wissen, daß in Jakuzk bei einer mittleren Jahrestemperatur von — $7^{4}/_{5}$° R noch Getraide gebaut wird. Die Grenze, bis zu welcher selbst durch die Hitze des Sommers der Schnee nicht weggeschmolzen wird, bestimmt sich daher nicht sowohl nach der mittleren Temperatur eines Orts, als nach der Vertheilung der Wärme auf die verschiedenen Jahreszeiten, in unserem Falle nach der Temperatur des heißesten Monats. In Jakuzk ist die mittlere Temperatur dieses + 16° R. Bei einer solchen Temperatur muß der Schnee schmelzen, der Winter mag noch so kalt gewesen seyn. Würde es freilich einen Ort geben, an welchem Jahr ein, Jahr aus die mittlere Temperatur 0° betrüge, so könnte freilich der Schnee, welcher daselbst fiele, unmöglich wegschmelzen, und man sieht leicht ein, daß, wenn die Temperatur eines Orts nur um sehr wenige Grade schwankt, die mittlere Temperatur über Null seyn muß, damit der gefallene Schnee vollkommen weggeschmolzen werden kann, wenn man sich erinnert, welch bedeutende Wärmemenge beim Schmelzen des Schnees gebunden wird. Bis jetzt ist jedoch kein Land gefunden worden, in dem der Schnee das ganze Jahr hindurch die Erde bedeckte. Denn selbst in den nördlichsten Theilen von Grönland und Spitzbergen hat man, besonders an den dem wärmeren Meere nahe gelegenen Küstenländern, Spuren organischen Lebens entdeckt.

Die Grenze des ewigen Schnees liegt natürlich um so höher, je mehr man sich der heißen Zone nähert. In folgender Tabelle findet man sie für verschiedene Gegenden der Erde aufgestellt:

Namen der Gebirge	geogr. Breite	Höhe der Schneegrenze		Mittlere Temperatur der Ebene	
		par. Fß.	bayr. Fß.	Jährliche	im Sommer
Cordilleren von Quito	0 bis $1^1/_2{}^\circ$ S.	14760	15276	+ $22^1/_6{}^\circ$ R	+ 23° R
" " " Bolivia	16 " $17^3/_4{}^\circ$ N.	15960	16518	"	"
" " " Mexiko	19 " $19^1/_4{}^\circ$ N.	14100	14592	$20^1/_3{}^\circ$	22°
Himalaya nördl. Abhang " " südl. "	$30^3/_4$ " 31° N.	15600 11700	16146 12110	$17^3/_5{}^\circ$	$22^2/_5{}^\circ$
Ararat	$39^3/_4{}^\circ$ N.	13296	13762	"	"
Pyrenäen Kaukasus	$42^1/_2$ " 43° N.	8400- 10200	3694 10557	$12^1/_6{}^\circ$	19°
Alpen	$45^1/_4$ " 46° N.	8220	8507	$10^1/_2{}^\circ$	18°
Karpathen	49 " $49^1/_4{}^\circ$	7980	8260	$7^1/_{30}$	16°
Norwegen, Binnenland	61 " 62°	5100	5278	$3^1/_3{}^\circ$	13°
" " Küsten	$71^1/_4$ " $71^1/_2{}^\circ$	2196	2250	$^1/_6{}^\circ$	5°

Die ungleiche Vertheilung der Wärme an Orten, die in der Ebene gleiche mittlere Jahreswärme haben, macht sich auch hier in der Schneegrenze bemerkbar und die Schneegrenze liegt um so tiefer, je geringer die Sommerwärme eines Ortes ist.

Als ein weiterer die Verschiedenheit des Klima befördernder Umstand läßt sich die ungleiche Vertheilung von Wasser und Land auf unserer Erdoberfläche anführen. Dadurch wird nicht nur eine ungleiche Erwärmung hervorgerufen, sondern auch die Richtung der Luft- und Meerströmungen bestimmt. Das feste Land saugt zwar die Wärmestrahlen begierig ein und wird dadurch früher erwärmt, allein es strahlt die Wärme auch leichter aus und wird früher kalt als das Meer, welches wegen seiner glatten und hellen Oberfläche zwar nicht so schnell erwärmt wird, die einmal erlangte Wärme aber auch nicht so schnell abgibt. Die Temperatur der Meeresfläche ist deßhalb weit gleichförmiger, sowohl die täglichen als jährlichen Temperaturunterschiede sind hier ungleich geringer, als in der Mitte der großen Continente, und da sich diese Eigenschaften mehr oder weniger besonders durch die Winde dem in der Nähe der See liegenden Lande mittheilen, so bleibt daselbst der Sommer kühl, der Winter wird aber auch nicht streng, welchen klimatischen Zustand eines Landes, wenn man noch dazu eine feuchte, nebliche Atmospäre, die häufig Regen spendet, rechnet, man mit dem Namen Seeklima bezeichnet, zum Unterschiede von dem Landklima, dem helle, trockne Luft, sparsamer Regen, warme Sommer und kalte Winter eigen sind. So können zwei Orte, wovon der

eine im innern Lande, der andere an der Meeresküste liegt, leicht die mittlere Temperatur der Jahreszeiten haben, und das Thermometer wird doch einen verschiedenen Stand zeigen. Inseln, welche mitten in einem großen Meere liegen, so wie auch die Küsten und namentlich Halbinseln theilen das weniger veränderliche Seeklima, während die Unterschiede zwischen Sommer- und Wintertemperaturen um so größer sind, je weiter man sich von den Küsten entfernt. Die größten Unterschiede zwischen Land- und Seeklima ergeben sich bei der Vergleichung der Temperaturverhältnisse der Westküsten von Europa mit denen des nördlichen Asiens. Dieser mildernde Einfluß des Meeres auf das Klima eines Landes wird natürlich um so größer sich zeigen, je mehr das Land von der See umspült wird, je zerrissener also seine Küsten sind, d. h. je mehr Halbinseln in das Meer und je größere Meerbusen in das Land hinein ragen. Europa verdankt seine vortheilhaften klimatischen Verhältnisse größtentheils seiner eigenthümlichen, zackigen Gestalt.

Von den Luftströmungen erwähnen wir nur jenes warmen Luftstroms der beständig von den glühend heißen Sandwüsten Afrikas in die Höhe steigt, um sich dann in Europa wieder herabzusenken und dessen verhältnißmäßig warmes Klima mit herbei zu führen. Ein großes Meer im Süden von Europa in der Aequatorialzone statt des ausgebreiteten Landes Afrika würde bei Weitem weniger erwärmend besonders auf die Binnenlande Europas wirken.

Bezugs der Meerströmungen ist der Golfstrom zu nennen, welcher viel zur Milderung des europäischen Klima beiträgt. Der Ursprung dieses Stroms ist im Mexikanischen Meerbusen zu suchen, wo das Meerwasser bis auf + 20° R erwärmt wird. Zwischen Cuba und Florida tritt er aus dem mexikanischen Meerbusen heraus, zieht sich Anfangs längs den amerikanischen Küsten hin und wendet sich dann mit stets zunehmender Breite und abnehmender Temperatur östlich nach Europa hin. Erreicht er auch selbst nicht die Küsten von Europa, so verbreitet sich doch sein warmes Wasser, namentlich unter dem Einflusse der Südwestwinde, in den europäischen Gewässern und bewirkt dadurch, daß das Polareis nicht bis zu den Küsten Europas vordringt.

Endlich ist noch die Richtung, in welcher das Land von der See sich heraushebt, die Lage und Richtung der Bergketten, so wie die Natur des Bodens und der Grad seiner Kultur unter den Umständen anzuführen, welche auf die Bildung der Verschiedenheit des Klima Einfluß haben.

Ist die Erhebung des Landes von der Art, daß die Sonnenstrahlen nicht sowohl beim höchsten Stand der Sonne über dem Horizont, als zur Zeit der täglich größten Hitze möglichst senkrecht auf dasselbe auffallen, so ist seine Lage hinsichtlich der Erhebung die günstigste, welche es haben kann. Auf unserer nördlichen Halbkugel ist eine süd-südwestliche Lage am wärmsten und eine nord-nordöstliche am kältesten, wenn es nicht besondere örtliche Verhältnisse anders bestimmen. In bergigen Ländern treten diese Eigenthümlichkeiten am meisten heraus, und so sind im Walliserlande in der Schweiz die Alpen auf einer Seite mit Eis, auf der andern mit Weinbergen und Gärten bedeckt.

Die Berge haben auf das Klima und die Temperatur mehrfachen Einfluß. Einmal verdichten sie die Dünste der Atmosphäre und verursachen so die in Gebirgsgegenden gewöhnlichen heftigen Regen, und dann halten sie die Winde ab und erhöhen die in den Thälern durch die Zurückwerfung der Sonnenstrahlen erzeugte Hitze. Dagegen wirkt auch die Nähe hoher Gebirge abkühlend auf die Ebene, indem sie das Niedersinken kalter Luftströmungen häufig verursacht und begünstigt, zumal wenn die Berghöhen mit Schnee bedeckt sind. So sind die mittleren und südlicheren Theile des europäischen Rußlands einer größeren Kälte ausgesetzt, als uns die Breite und südliche Neigung erwarten läßt, und dieß aus Mangel an Bergketten, welche die von dem weißen Meere und den Uralgebirgen herkommenden Winde abhalten könnten. Das unwirthsame, sibirische Klima entsteht vorzüglich aus der Senkung gegen Norden, welche das Land den kalten, vom Eismeere herkommenden Winden aussetzt, während zu gleicher Zeit die ungeheuren, Mittelasien durchziehenden Bergketten die Südwinde aufhalten, deren Zutritt gewiß die Rauheit der Atmosphäre mildern würde.

Was den Boden Bezugs seiner Wirkung auf das Klima betrifft, so nimmt der eine die Hitze schneller auf und behält sie länger, oder wirft den Strahl der Sonne schneller zurück als der andere. Ein sehr lockerer Boden läßt die Regen durch und entwickelt daher bei Weitem weniger Ausdünstung als ein Boden, bei dem sich alle Feuchtigkeiten mehr auf der Oberfläche halten müssen. So vermindern lehmige und sumpfige Gegenden die Temperatur und versetzen besonders in heißen und feuchten Klimaten die Atmosphäre in einen sehr ungesunden Zustand, während steinige, dichte, Kalksteine haltige Landstriche die Luft sehr zuträglich und gesund machen. Die aller Vegetation entbehrenden, nackten afrikanischen und arabischen Sandwüsten tragen nicht wenig zu der dort übermäßig herrschenden Hitze bei, da dieselben durch die Einsaugung der Sonnenstrahlen

am Tage weit heißer und bei Nacht durch die verminderte Ausstrahlung weniger kalt werden, als ein mit Pflanzen bedeckter Boden. Ohne Kultur oder Bebauung würde das Klima eines Landes ein ganz anderes seyn, als es jetzt ist, wie wir ja wissen, daß gar viele Theile Europas jetzt ein ganz anderes Klima haben, als etwa zur Zeit der Geburt Christi, und daß Amerika in kurzer Zeit außerordentliche Wechsel des Klima auf dem Wege der Kultur erfahren hat. Sümpfe werden ausgedrocknet, Flüsse eingeschränkt und in ein sicheres Bett gewiesen, das Lichten der Wälder gestattet dem Boden die Aufnahme der Sonnenstrahlen, erhöht dadurch die Temperatur und macht eine freie Luftbewegung möglich u. s. w.

So viel von der Vertheilung der Wärme auf unserer Erdoberfläche, die zwar im Allgemeinen von der Hauptquelle der Wärme für unsere Erde, der Sonne, abhängt, jedoch auch noch durch viele andere Umstände die wir im Vorhergehenden kennen gelernt haben, bedingt ist.

Mit dieser Wärmevertheilung steht nun das organische und animalische Leben in unmittelbarem Zusammenhange, und es soll nun unsere Aufgabe seyn, diesen Zusammenhang nachzuweisen und die Grenzen zu bezeichnen, welche durch diese Vertheilung für das organische und animalische Leben, wie für den Menschen gegeben sind.

Was nun das Pflanzenleben betrifft, so ist dasselbe an die Oberfläche der Erde gebunden, und deren Beschaffenheit sowohl, als besonders der Wechsel und die Natur der Temperatur, was wir mit dem Namen Klima bezeichnen, bestimmen das Wachsthum der Pflanzen. Jedes Klima, vom Aequator nach den Polen zu, oder von den mit dem Meere gleich hoch liegenden Ebenen bis auf die mit immerwährendem Schnee bedeckten Höhen hat seine eigne, besondere Vegetation und jeder Pflanze kommt ein bestimmter Verbreitungsbezirk zu, da jede ihr eigenes Maaß von Wärme zu ihrer Entwicklung nöthig hat. Man versteht unter letzterem aber denjenigen Theil der Erdoberfläche, auf welchem die Pflanze angetroffen wird. Dieser Verbreitungsbezirk hat nicht allein eine waagerechte, horizontale Ausdehnung nach der Breite und Länge, sondern auch eine senkrechte, nach der Höhe, in welcher die Pflanze über der Meeresfläche sich befindet, und man nennt die Ausdehnung des Verbreitungsbezirks vom Aequator gegen die Pole hin die Breitenzone, dagegen die Ausdehnung von West nach Ost die Längenzone. Die senkrechte Ausdehnung des Verbreitungsbezirks einer Pflanze heißt allgemein Region, und man versteht unter dieser die Angabe sowohl der geringsten als größesten Höhe über der Meeresfläche, in welcher die Pflanze gedeiht.

Nach Beschaffenheit der Breite treffen wir in den einzelnen Zonen Pflanzenfamilien an, welche ihnen entweder größtentheils eigenthümlich und in so ferne charakteristisch für sie sind, oder in demselben den größten Theil der Vegetation ausmachen. So gehören z. B. die Palmen und Bananengewächse fast ausschließlich der heißen Zone an, deren Vegetation durch Reichthum, Ueppigkeit, Verschiedenheit und Pracht so ausgezeichnet ist, daß kein anderer Theil der Erde Aehnliches aufzuweisen hat. Nur in ihr gedeihen auch unter dem Einflusse der nie schräge einfallenden Sonnenstrahlen die saftigsten und gewürzhaftesten Früchte und Pflanzen bis zur höchsten Vollkommenheit; in ihr treffen wir das Zuckerrohr, den Kaffeebaum, den Brodbaum, den ungeheuren Baobas, der nicht selten einen Umfang von 200 Fuß am Ende seines Stammes hat, die Dattel, den Kakao, die Vanille, den Zimmt, Ingwer, Pfeffer, den Kampherbaum u. s. w., eben so verschiedene Arten von Farbehölzern und besondere, dem Klima anpassende Korngattungen.

In den hohen Breitegraden der nördlich gemäßigten Zone finden sich die Fichte und Fohre, welche durch ihr Beibehalten des Grüns im kältesten Winter beweisen, daß das kältere Klima ihre Heimath ist. Von hier aus südlich erscheinen dann die prachtvollen Laubwälder der Eiche und der Buche, zu denen sich weiters die Ulme, Linde und andere Waldbäume gesellen, so wie verschiedene Fruchtbäume: Der Aepfel-, Birn-, Kirschen- und Zwetschgenbaum, welche in der nördlichen Hälfte der gemäßigten Zone besser fortkommen, während der südlichen Hälfte die Fruchtbäume feinerer Art angehören: der Oliven-, Lemonien-, Orangen- und Feigenbaum. Alle diese Bäume gedeihen in der Ebene der heißen Zone eben so wenig wegen der allzugroßen Hitze, als im höheren Norden wegen der allzugroßen Kälte.

Die kalte Zone ist der Wohnsitz besonders der Flechten und Moose, so wie der Alpenpflanzen. Sie enthält nur wenige Pflanzengattungen, deren Wachsthum jedoch im Sommer außerordentlich rasch vor sich geht; näher dem Pole besteht die geringe Vegetation, die jedoch nirgends ganz verschwindet, aus blosen Alpenkräutern derjenigen kleinen Pflanzen, welche auf den Gebirgen der anderen Zonen unmittelbar an der Schneegrenze noch wachsen, und nur die Zwergbirken und einige Weidenarten bilden ein niedriges Gesträuch.

In der Gegend der Wendekreise, wo in Rücksicht auf Wärme die Jahreszeiten sehr wenig von einander verschieden sind, wird die Vegetation fast ganz allein durch die das Jahr hindurch bestehende mittlere Tempera-

tur bestimmt; in den kalten und gemäßigten Zonen hängt sie aber in der Regel vom Sommer ab. So finden sich in Lappland auf dem Festlande von Enontekis bei einer mittleren Temperatur von nur — 2° R schöne Wälder, während auf der Insel Mageron bei einer mittleren Temperatur von etwas über 0° R blos einige ärmliche Gesträuche angetroffen werden. Die kräftigere Vegetation von Enontekis ist die Wirkung eines wärmeren Sommers, da die mittlere Temperatur des Monats Juli + 12° R, auf der Insel Mageron aber nur + 7° R ist.

Hinsichtlich der Längenzonen der Pflanzen bemerkt man, daß dieselben in der kalten Zone sich ringsherum um die Erde erstrecken und die größere Anzahl der daselbst vorkommenden Pflanzen allen drei Festländern der nördlichen Halbkugel gemeinschaftlich ist. Je mehr man sich aber dem Aequator von den Polen aus nähert, je ausgedehnter also die Zone wird, um so seltener findet man Pflanzen, deren Verbreitungsbezirke einen vollständigen Gürtel um die Erde bilden. So haben Grönland und Lappland nahe 5/6 Arten gemein, die Hälfte der in Kamtschatka und Sibirien gefundenen Pflanzen sind europäische, aber nur der siebente Theil der nordamerikanischen Arten ist europäisch und die heiße Zone Amerikas hat mit der der alten Welten nur 24 Arten gemein.

Da verschiedene Höhe über der Meeresfläche ähnliche Verschiedenheiten des Klima und damit der Vegetation erzeugt, wie verschiedene Entfernung vom Aequator, so kann es nicht anders kommen, daß auch jeder Höhe eines Orts über der Meeresfläche in einer gewissen Zone eine eigenthümliche Vegetation entspricht. Steigt man an den Gebirgen der heißen Zone in die Höhe, so nimmt man bald gewahr, daß, je höher man kommt, desto mehr die Vegetation ihren Charakter verliert und den der anderen Zonen annimmt. Schon eine senkrechte Erhebung von 200 bis 300 Fuß kommt in dieser Beziehung der horizontalen Entfernung von 15 geographischen Meilen oder dem Bogen eines Breitengrades gleich, so daß also unter dem Aequator in einer Höhe von 6000 bis 9000 Fuß alle unsere Pflanzen, Obstarten, unser Getraide 2c. sehr gut gedeihen und die heiße Zone in den verschiedenen Höhen ihrer Gebirge die Vegetation der gemäßigten Zonen sowohl als der kalten in sich vereinigt. Liegt z. B. der Fuß eines Berges der heißen Zone mit der Oberfläche des Meeres in derselben Ebene, so findet man bis zu einer Höhe von 2000 Fuß auf dem Berge die Region der Palmen und Bananen, die der eigentlichen Aequatorialzone angehören; von da an bis zu 4200 Fuß Höhe die Region der Farrenbäume, Erzeugnisse der heißen Zone überhaupt, und von letzterer Höhe bis zu der von 6300 Fuß die Re-

gion der Myrthe und lorbeerartigen Gewächse, die im südlichen Theil der gemäßigten Zone gedeihen. Von 6300 bis 8700 Fuß Höhe erstreckt sich die Region der immergrünen Laubhölzer, welche den mittleren Theil der gemäßigten Zone charakterisiren, von da an bis zu 10600 Fuß die Region der europäischen Laubhölzer der kälteren gemäßigten Zone und von dieser Grenze bis zu 12700 Fuß die Region der Nadelhölzer, wie sie in dem der gemäßigten Zone anliegenden Theile der kalten Zone vorkommen. In der Höhe von 12700 bis 14700 Fuß herrscht die Region der Alpenrosen, welche sich mit dem inneren Theile der kalten Zone, und von da bis zur Schneegrenze die Region der Alpenkräuter, welche sich mit dem den Polen zunächst liegenden Theile der kalten Zone vergleichen läßt.

Was für einen Berg unter der heißen Zone gilt, das gilt für jeden in den anderen Zonen, jedoch mit dem Unterschiede, daß auf ihm um so weniger Regionen angetroffen werden, je weiter vom Aequator gegen die Pole hin entfernt er sich auf der Erdoberfläche befindet. Steigen wir bei uns nur mäßig hoch auf einen Berg, so nehmen wir wahr, daß die Pflanzen nicht nur an Größe, sondern auch an Menge abnehmen, so daß auf einer gewissen Höhe der Baumwuchs ganz aufhört, noch höher droben auch die Sträucher verschwinden und zuletzt nur noch Moose und Flechten die Erde sparsam bedecken. Die Höhe, bis zu welcher man aufsteigen muß, um die eine oder die andere Erscheinung eintreten zu sehen, hängt, von örtlichen Verhältnissen abgesehen, von der geographischen Breite des Berges ab, und daher kommt es, daß die Höhen der Regionen, bei welcher z. B. die Eichen noch gedeihen, für verschiedene Gebirge auch verschieden angegeben werden müssen. Nahe am Aequator ist dieß in einer Höhe von 9500 Fuß über der Meeresfläche der Fall und tiefer als auf 5700 Fuß findet man sie nicht. Auf der Südseite der Alpen erstreckt sich ihre Region von 2500 Fuß auf 4500 Fuß. Immerhin aber kann die Vegetation der Berge in verschiedene Zone oder Gürtel eingetheilt werden, von denen jede ihre eigenthümlichen Pflanzengattungen hat. So sind z. B. am Vulkan von Teniriffa, einer der kanarischen Inseln, im Ganzen fünf solche Zonen bemerkbar und zwar 1) die Region des Weinstocks 2) des Lorbeers, 3) der Fichte 4) der Retama, eines Alpengesträuchs, und 5) die Region der Gräser. Diese Zonen sind wie Bühnen übereinander gereiht und haben am Bergesrücken des Piko eine senkrechte Höhe von nahe 1200 Fuß.

Schließlich wollen wir noch die Verbreitung der vornehmsten Holzgewächse, so wie der Kulturpflanzen, welche die Hauptnahrungsmittel gewähren, in der Kürze kennen lernen.

Die Gattung der Fichten, zu welchen die Edeltanne, der Lerchenbaum, die Kiefer und Ceder gehört, herrscht in Westfrankreich, Schottland, Norwegen, Norddeutschland und in Rußland von der Ostsee bis Kamtschatka, weiter über Japan hinaus in den großen Nadelholzwäldern Amerikas, und gedeiht noch, jedoch nur als kriechender Busch, in Norwegen bei 70°, in Rußland und Sibirien bis 68° nördlicher Breite. Südlicher kommen die Fichten auf Gebirgen, in den Alpen, Apeninen, auf dem Kaukasus, dem Hochlande Mexikos und Indiens vor und werden in der Ebene nicht unter 30° nördlicher Breite, so wie auf der südlichen Halbkugel der Erde an keinen Orten gefunden. In Lappland wachsen die Fichten bis 1200 Fuß Höhe, in den Karpathen bis 6100, in der Schweiz bis 6350 auf dem Kaukasus bis 5470, in den Pyrenäen bis 5500, in den Apeninen bis 6000 und im mexikanischen Hochlande bis auf 12000 Fuß Höhe über der Meeresfläche. Die Birke gedeiht noch etwas nördlicher als die Fichte und so auch in noch größeren Höhen; die Nordgrenze der Eiche geht nicht viel über den 60ten Grad der Breite, die der Buchen, Linden, Ulmen nicht über den 58ten, die der Kastanien nicht über den 51ten und die der immergrünen Laubhölzer: der Korkeiche, Cypresse, Pinie, der Zwergpalme, der Platane, des Lorbeers, Oelbaums ꝛc. nur wenig über den 45ten Grad der Breite hinaus. Diese Grenzlinien sind jedoch nicht mit den Kreisen der geographischen Breite gleichlaufend, sondern erleiden aus demselben Grunde wie die isothermischen Linien mehrfache Krümmungen, wie aus den Karten zu ersehen ist, in welchen diese Grenzlinien verzeichnet sind. Aus diesen Karten sind auch die Nordgrenzen ersichtlich, welche für unsere vornehmsten vegetabilischen Nahrungsmittel statt haben, und so finden wir in denselben als die Nordgrenze der Gerste die geographische Breite von 70°, des Roggens 67°, des Habers 65°, des Waizens 64°, des Mais 52°, des Reises 45°, der Mandeln 50°, der Orangen 44°, der Kartoffeln über 70°, des Weinstocks 51°, des Oelbaums 46°, der Obstbäume und des Tabacks 63° angegeben.

Eben so wie das vegetabilische Leben auf unserer Erde mit der Vertheilung der Wärme auf ihrer Oberfläche in naher Verbindung steht, so ist dieß auch mit dem animalischen Leben nicht minder der Fall, und die zoologische Geographie oder Thiergeographie, welche die jetzigen Verhältnisse der Thiere zur Erdoberfläche kennen lehrt, hat es vor Allem mit dem Einfluße zu thun, den die geographische Breite und die davon hauptsächlich abhängende klimatische Verschiedenheit auf die Vertheilung und Verbreitung der Thiere ausübt. Ob also, fragt es sich, nicht auch so wie bei den Pflanzen

bei der Thierwelt von einem Verbreitungsbezirke einer Thiergattung nach Graden der Länge und Breite, so wie nach Regionen (Höhen oder Tiefen) die Rede seyn kann? Allein die Thiergeographie ist bei Weitem nicht so bearbeitet wie die Pflanzengeographie, und bietet theils durch die leichte Beweglichkeit der Thiere, theils durch ihren Aufenthalt im Meere und dergleichen zu viele Schwierigkeiten dar, als daß wir mehr als einige allgemeine Sätze über die Vertheilung und Verbreitung der Thiere erwarten können.

Als ein solcher ist nun anzuführen, daß das Thierreich auf der höchsten Stufe der Entwicklung innerhalb der beiden Wendekreise oder in der heißen Zone sich befindet, und von dort aus gegen die Pole hin allmählig abnimmt, was wohl darin seinen Grund hat, daß in dieser Zone durch den hohen Grad von Wärme und Feuchtigkeit ja auch ein vermehrter Pflanzenwuchs und eine üppige Entwicklung statt findet, womit stets eine größere Fülle von Thierformen in Verbindung steht. Nur die Thiere, welchen das Meer zum Wohnsitze angewiesen ist, dessen Tiefen von der Sonnenwärme unabhängiger, gleichmäßiger erwärmt sind, machen davon eine Ausnahme, so zwar, daß die Thiere höherer Organisation vom Aequator gegen die Pole zu abnehmen.

In der heißen Zone leben die größten und schönsten, zugleich aber auch die grimmigsten und gefährlichsten unter den Landthieren. Nicht minder ist sie die Heimath eben so zahlloser als gefährlicher Insekten, Amphibien, kriechender Thiere, zahlreicher Vögel mit dem prachtvollsten Gefieder und vor Allem der Familie der Affen, welche im Allgemeinen die heißesten Gegenden und vorzüglich, ebene, von großen Wäldern bedeckte Länder lieben, so daß nur einige Gattungen über die heiße Zone hinausgehen. Mit der Entfernung von der heißen Zone durch die gemäßigten gegen die Pole hin sieht man die Thiere allmählig abnehmen an Zahl, Größe und Wildheit, die Vögel der gemäßigten Zonen stehen zwar denen der heißen sowohl an Größe als an prachtvollem Gefieder nach, dagegen übertreffen sie diese durch ihren harmonischen Gesang. Die kriechenden Thiere, so wie die Insekten nehmen gegen die Pole hin stets ab, bis sie in den Polarregionen gänzlich verschwinden. Der gemäßigte Erdgürtel ist die Heimath der nützlichsten Hausthiere, des Pferdes, Rindes, Schaafs, Esels und Maulthiers, so wie der wegen der Geschicklichkeit im Ausführen ihrer Baue und wegen der Lebensweise in Familien bemerkenswerthen Biber. Die Polarländer sind verhältnißmäßig sehr arm an Thieren; schon an den Gränzen der kalten Zone werden die Lastthiere der gemäßigten klein und krüppelig, und in größerer Nähe der Pole erlischt sowohl das vegetabilische als animalische Leben.

Grönland hat nur 5 Arten Säugethiere, worunter vornehmlich das Rennthier und der Hund zu zählen sind, 14 Arten Landvögel, 4 Arten Flußfische, 70 Arten Insekten und eine Art Frösche. Dagegen nehmen die Seethiere gegen die Pole hin zu und so finden wir in den Polarmeeren ungeheuere Züge von Häringen und anderen kleinen Fischen, zahllose Mengen von Robben und Fischottern, so wie von Walrossen und Walfischen, welch letztere diese Meere zu ihrem Lieblings=Sammelplatz sich wählen. Dabei ist jedoch zu bemerken, daß der nördliche Ocean nicht ein richtig erkanntes und beschriebenes Thiergeschlecht enthält, welches nicht wesentlich von jenen Thieren in den südlichen Meeren verschieden wäre, welche mit jenem Geschlechte die größte Verwandtschaft haben; ja daß man unter allen Seethierklassen der südlichen Gewässer nicht eine Art findet, welche in den Meeren der nördlichen Halbkugel lebt.

Außer dem Einfluße, den die geographische Breite und die davon hauptsächlich abhängende klimatische Verschiedenheit auf die Vertheilung und Verbreitung der Thiere ausübt, ist auch die geographische Länge nicht ohne Bedeutung, denn unter verschiedenen Meridianen einer und derselben Zone findet man verschiedene Familien, Geschlechter und Gattungen von Thieren, und es sind auf der ganzen Erde nur die kalten Zonen, deren Thiere unter allen Meridianen in naher Verwandschaft stehen. So hat die neue Welt, genau genommen, keine Gattung, welche sie mit der alten gemeinschaftlich theilte, denn alle Gattungen, welche ähnlich zu seyn scheinen, haben wichtige Unterscheidungsmerkmale. Die Katze, der Hund, das Pferd, das Rind und Schwein waren in Amerika keineswegs einheimisch, sondern sind erst von Europa aus eingeführt worden. Australiens Thiere sind diesem Kontinente eigenthümlich und so wohnen in bestimmten, mehr oder minder großen Gegenden der Erde eigenthümliche Thierfamilien; mancherlei Geschlechter sind ganz und gar nur auf bestimmte Distrikte eingeschränkt, und es läßt sich auf diese Weise die Erdoberfläche in mehrere zoologische Reiche, und jedes Reich wieder in einige Provinzen eintheilen, wie schon von mehreren Naturforschern geschehen ist.

So wie die einzelnen Pflanzen, so sind auch die einzelnen Thiere in Folge der klimatischen Einflüsse der Erdoberfläche, die fast allein von der Vertheilung der Wärme abhängen, an gewisse Strecken dieser Erdoberfläche gebunden, da die warmblütigen Thiere dauernd nicht in einer Temperatur leben können, welche ihre natürliche übersteigt. Nur der Mensch, welcher gleichfalls zur Classe der lebendigen Wesen, deren Fortkommen und Gedeihen von so vielen örtlichen Umständen bedingt ist, gehört, ist von diesen

Bedingungen ausgenommen und hat seine Wohnsitze auf der ganzen Erdoberfläche aufgeschlagen. Man findet den Menschen in den heißesten Gegenden und nicht minder in den kältesten; auf einem Theile der Erde erträgt er eine Hitze, welche Schwefeläther siedend macht, und auf einem anderen Theile hält er eine Kälte aus, in welcher Quecksilber gefriert. Dieses vermag er vermöge seiner geistigen Kraft, durch die er die Natur beherrscht und den Mängeln und Gebrechen seines Körpers, so wie seinen Bedürfnissen, worin er dem Thiere weit nachsteht, Abhilfe zu gewähren sucht. Er ist Herr der Wärme und zwingt sie, seinem Willen zu gehorchen und seinem Zwecke zu dienen. Mitten im Eise der Polargegenden muß sie friedlich in demselben Raume mit ihm wohnen, und in der heißen Zone weiß er sich vor ihrem Uebermaaße zu bewahren. Wie er nun diese Herrschaft über die Wärme ausübt und sich die Wärme sowohl zu seiner Erhaltung als zur gesammten Entwicklung seiner Lebensverhältnisse dienstbar macht, das wollen wir nun näher kennen lernen.

VI. Der Mensch als Herr der Wärme.

Mit welch' bedeutender Naturkraft wir es in der Wärme zu thun haben und welch große Rolle sie in der ganzen Natur spielt, das mögen wir aus dem Vorhergehenden zur Genüge kennen gelernt haben. Besonders auf uns Menschen hat sie einen fast unermeßlichen Einfluß. „Ohne Wärme vermögen wir nicht eine Minute zu bestehen, ohne ein gehöriges Maaß derselben keinen Augenblick in Frohsinn und Heiterkeit zu verleben, da das Leben uns zur unerträglichen Last wird. Die Wärme herrscht gebieterisch über unsere Freuden und Leiden; sie ist die Herrin unseres Vergnügens und Ungemachs, unsere Krankheit und unser Arzt. Wer anders, als sie, streckt uns gewöhnlich auf das Siechbett und gewährt uns nachmals, falls es nicht etwa anders im Rathe des Ewigen beschlossen ist, die Freude, wieder von demselben aufzustehen? Im heißen Sommer schmachten wir unter ihrem Uebermaaße, im kalten Winter schauern wir unter ihrem Mangel. Häuft sie sich in unserem Körper zu sehr an, so vertrocknet die Zunge und wir verschmachten in Fieberhitze. Verläßt sie uns zu schnell in einem allzubedeutenden Grade, so schüttelt uns Fieberfrost und wir werden von Rheumatismen und den zahllosen Krankheiten, welche sich im Gefolge dieser Uebel befinden, heimgesucht. Und wenn die Sonne scheidet und der Himmel sich in Dunkel hüllt, wer gibt uns Licht? Abermals die Wärme. Sie strömt es durch die Luft; die brennende Lampe, die flatternde Kerze verbreiten

einen künstlichen Tag und geben dadurch der Arbeit und den Vergnügungen die Stunden zurück, welche wir sonst in Unthätigkeit zubringen oder in unnützem Schlafe verträumen müßten."

Aber auch alle organische Körper, (Thiere und Pflanzen) verdanken der Wärme ihre Entstehung und ihre Entwicklung. Nach ihrem Tode entweicht die ihnen eigenthümliche Wärme, sie sinken zurück in die Temperatur ihrer Umgebung und dann trägt die Wärme wesentlich mit bei zu ihrer Zerstörung und allmähligen Auflösung. Der schaffenden, erhaltenden und zerstörenden Kraft der Wärme kann sich kein Körper entziehen. Durch die Art der Wärmevertheilung auf der Erdoberfläche wird der Unterschied der Klimate und damit die Verschiedenheit der Pflanzen- und Thierwelt begründet. Ohne Kenntniß des Klima bleiben die Sitten, Gebräuche, Einrichtungen, Beschäftigungen und Vergnügungen, ja selbst die körperliche Konstitution und das Temperament der Bewohner eines Landes unverständlich.

Nicht geringer ist der Einfluß der Wärme bei den unorganischen Körpern. Diesem Einflusse allein ist die mannichfache Verschiedenheit der Gestalten zuzuschreiben, welche wir an den Körpern bewundern. Die Wärme allein bedingt den Zustand, in welchem die anorganischen Körper vorkommen, ob fest, tropfbar- oder ausdehnsam flüssig, ihren sogenannten Aggregatszustand, und ändert fortwährend ihren räumlichen Inhalt ab. Durch ihren Zutritt verwandelt sich das Eis in Wasser und das Wasser in Dampf; durch ihr Entweichen geht der Dampf in Wasser und das Wasser in die feste Form des Eises über. Der räumliche Inhalt der Körper wird durch ihre Anwesenheit vergrößert, die Körper dehnen sich durch die Wärme aus; durch ihre Abwesenheit wird er verkleinert, die Körper ziehen sich in der Kälte zusammen, und mit welcher Kraft Beides geschieht und welche Naturerscheinungen darauf beruhen, haben wir aus dem Vorhergehenden schon kennen gelernt. Bei allen innigen Verbindungen und Vereinigungen der Körper mit einander, bei allen sogenannten chemischen Prozessen, hat die Wärme ihre Hand mit im Spiele, und was unsere Witterung betrifft, so beruhen auf einem größeren oder geringeren Maaß von Wärme bei Weitem die meisten Erscheinungen, welche in der Atmosphäre vorkommen und den Gang der Witterung bestimmen.

So groß ist der Einfluß, den die Wärme auf die ganze Natur, besonders auf uns Menschen ausübt. Die Natur hat aber auch die Wärme überall und für Alle mit der freigebigsten, beinahe mit verschwenderischer Hand ausgetheilt. Sie findet sich an allen Orten und zu allen Zeiten, wo

sich nur immer Wesen befinden, die ihrer bedürfen. Jeder Körper, selbst der unorganische, selbst die tropfbaren und luftförmigen, enthalten sie in reichlichem Maaße. Was wir auf der Erde sehen, was wir auf ihr durch irgend einen unserer Sinne erkennen, ist damit erfüllt.

Im Schlafen und Wachen, zu Hause und draußen, zu jeder Jahres- sowohl als Tagszeit, unter jedem Himmelsstriche, über und unter der Erde, überall ist die Wärme, überall wirkt sie, überall sind wir einestheils zwar ihre Sklaven, in so ferne wir allen Naturgesetzen unterthan sind, doch noch mehr ihre Herren, indem wir die Wärme zwingen, unserem Willen zu gehorchen und unseren Zwecken zu dienen.

Dieß wollen wir nun in vierfacher Beziehung näher kennen lernen, einmal dadurch, das wir nachweisen, wie der Mensch dem Einfluß der Wärme auf seinen Körper zu begegnen und sich das zum Fortbestehen des Lebens erforderliche Maaß Wärme zu sichern sucht, dann, wie er sich des Einflusses der Wärme Bezugs der unorganischen Natur in den Gewerben und drittens Bezugs des organischen Lebens in der Landwirthschaft bemeistert und die Wärme gehörig verwendet und endlich, wie er die rechte Anwendung und den mannichfachen Gebrauch von der Wärme in seinem Haushalte überhaupt zu machen sich bestrebt.

A. Wie der Mensch dem Einfluß der Wärme auf seinen Körper zu begegnen und sich das zum Fortbestehen des Lebens erforderliche Maaß Wärme zu sichern sucht.

Wie schon früher bemerkt wurde, wohnt der Mensch auf Theilen der Erdoberfläche, wo eine Hitze herrscht, die Schwefeläther siedend macht, und wieder auf anderen Theilen, wo die Kälte so bedeutend ist, daß das Quecksilber daselbst nicht in flüssigem Zustande bestehen kann und nur gefroren vorkommt. Für das Ertragen der großen Hitze in der heißen Zone hat einmal schon die gütige Natur selbst dadurch gesorgt, daß die Verdunstung auf der Haut des Menschen sowohl wegen der hohen Temperatur der Luft, als des in dieser Himmelsgegend Jahr aus, Jahr ein herrschenden Windes rasch vor sich geht, durch den Uebergang des Wassers vom tropfbar flüssigen in den ausdehnsam flüssigen Zustand aber Wärme gebunden und die Haut des Menschen in hohem Grade abgekühlt wird; dann, daß die äußerst üppige Vegetation dieser Gegend viel Schatten gegen die sengenden Strahlen der Sonne gewährt und endlich, daß die Wärme-ausstrahlung des pflanzenreichen Bodens während der hellen, heiteren

Nächte, wie sie daselbst gewöhnlich sind, in bedeutendem Grade statt findet und so ein merklicher Unterschied zwischen der Tags- und Nachtstemperatur eintritt. Der Mensch bekleidet sich aber so wenig als möglich und vortheilhaft stets mit solchen Stoffen, welche die Sonnenstrahlen so viel wie möglich zurückwerfen, d. h. mit weißen Kleidern, deren Oberfläche wenig Unebenheiten darbietet und die nicht enge anliegen. Dadurch bildet sich nämlich zwischen ihnen und dem eigentlichen Leibe des Menschen eine Luftschicht, die als schlechter Wärmeleiter den Zutritt der äußern, erhitzten Luft zum Körper bedeutend erschwert. In weißen Zelten, die wo möglich doppelt sind, so daß das eine das andere umschließt und so aus demselben Grunde, wie bei den weiten Kleidern die Glut der Sonne vom Morgen bis zum Abend vom inneren Zelte abhält, sucht er Schutz gegen die Hitze, oder in Wohnungen, die im Schatten liegen, nicht selten auch in Gruben, die keines Sonnenstrahls theilhaftig werden. Um sich eines frischen Trunkes zu erfreuen, bringt er das Wasser in Gefäße aus Thon mit äußerst feinen Oeffnungen, Poren genannt, durch welche das Wasser durchschwitzt, schnell verdunstet und so eine Abkühlung des Gefäßes und somit der in demselben enthaltenen Flüssigkeit bewirkt, was am Besten in den sogenannten Alcarazzas statt findet, deren Poren genau so viel Wasser zur Oberfläche durchlassen, als stets verdunstet. Noch mehr Kühlung verschafft er sich durch den Genuß von Eis, das er sich in dieser heißen Himmelsgegend künstlicher Weise zu bereiten weiß, wie wir später hören werden. Besonders aber durch die stärkere Ausdünstung der Haut bei größerer Hitze ist es dem Menschen vergönnt, in der heißen Zone aus zu halten, wie es aus gleicher Ursache mehreren Engländern möglich war in einem bis zu einer Temperatur von + 102° R geheizten Zimmer gegen 8 Minuten unbekleidet zu verweilen, wobei sie viel Wasser tranken. Eier wurden darin in wenig Minuten gar und das Schloß der Thüre war so warm, daß es nicht mit bloser Hand ohne Gefahr des Verbrennens angefaßt werden konnte. Ein in den Mund gehaltenes Thermometer zeigte jedoch nur 2 Grade Erhöhung um die gewöhnliche Temperatur.

Nicht so leicht wie mit der Beseitigung der Wärme wird es dem Menschen mit dem Ertragen der Kälte in den rauheren Gegenden der Erde gemacht, und er hat nicht selten vollauf zu thun, sich das zu seinem Bestehen erforderliche Maaß Wärme nachhaltig zu verschaffen. Denn ist der Mensch ohne Schutz und Bekleidung in trockener Luft einer anhaltenden Kälte von + 2° bis + 5° R, oder in Wasser und feuchter Luft von + 5° bis + 8° R ausgesetzt, so stirbt er in 6 bis 12 Stunden.

Unter den Quellen der Wärme haben wir bereits früher auch den Lebensproceß angeführt und die verschiedenen Ursachen dieser in dem menschlichen Körper erregten Wärme kennen gelernt. Die Erfahrung weist nun nach, daß die Wärmeerzeugungsfähigkeit des menschlichen Körpers um so größer ist, je mehr nahrhafte Speisen, besonders Fleisch dem Magen zugeführt und verdaut werden, und daher ist der reichliche Genuß dieser eines der Mittel, das der Mensch zur Ertragung der Kälte anwendet. Die Esquimeaux bedürfen daher zu ihrer Erhaltung viel Fleisch, Speck, Fett und Thran und ihr ganzes Thun und Treiben besteht fast allein darin, sich die Mittel zu ihrer großen Eßlust zu verschaffen, ihre Kiefern zum Kauen und Verschlingen, das so lange anhält, als Stoff da ist, in Bewegung zu setzen und nach dieser Anstrengung alsdann der Ruhe zu pflegen. Zum Studieren taugt, wie wir wissen, ein voller Bauch nicht und dessen glauben sie zur leiblichen Erhaltung nöthig zu haben; daher es mit ihrer wissenschaftlichen Ausbildung sehr schlecht aussteht. So wie man bei kaltem Wetter mehr Brennmaterial im Ofen verbrennen muß, um ein Zimmer auf einer gewissen Temperatur beständig zu erhalten, als bei gelinder Kälte, so muß auch bei größerer Kälte dem Körper mehr Kohlenstoff durch Fleichspeisen rc. zugeführt werden, um die nöthige animalische Wärme zu entwickeln, und es ist ein wohlerwogener Rath, den man den Nord- und Südpolfahrern gibt, nur solche Leute als Begleiter zu wählen, die einen guten Appetit und gute Verdauungswerkzeuge haben. Unsere Jäger wissen dieß gar wohl und schüren wo möglich gut im Magen ein, wenn es gilt, längere Zeit größere Kälte zu ertragen, lassen es auch am Nachlegen seiner Zeit nicht fehlen. Dem Armen, der warme Kleider und eine gut geheizten Stube im Winter entbehrt, fehlt nicht selten auch die nöthige, nahrhafte Kost, die ihm als Wärmequelle dienen könnte.

Jedoch mit der Erzeugung der animalischen Wärme allein ist es nicht gethan. Diese Wärme muß so viel wie möglich dem Körper zu erhalten gesucht werden, wozu dem Menschen vornehmlich seine Kleider und Betten dienen.

In Betreff der ersteren kommt es nun vor Allem auf eine zweckmäßige Wahl des Stoffes sowohl, als der Farbe und auf ihren Schnitt an. Zu warmhaltenden Kleidern wählt man stets solche Stoffe, die schlechte Wärmeleiter sind, als da sind Zeuge aus Seide, Wolle, Flachs, Hanf, Stroh, Papier rc., ferner, Pelze Häute rc., wobei man so viel als möglich darauf sieht, daß ihre nach Außen gekehrte Seite möglichst glatt ist und der Unebenheiten so wenige, wie nur seyn kann, darbietet. Bezugs der Farbe gibt man

stets der weißen oder wenigstens der hellen den Vorzug vor der dunkeln und berücksichtigt Beides bei der Farbe sowohl, als der Oberfläche der Kleidungsstücke nach dem bei der Strahlung der Wärme aufgestellten Erfahrungssatze: daß ein Körper die Wärme um so besser ausstrahlt, je rauher und unebener seine Oberfläche und je dunkler deren Farbe ist, und umgekehrt. In unserem Klima, wo wir es bald mit der Hitze, bald mit der Kälte zu thun haben, ist es stets vortheilhaft, Sommer und Winter weiße Kleider zu tragen, die uns einmal im Sommer wegen der Zurückwerfung der Sonnenstrahlen kühl und im Winter, weil sie die innerliche Wärme des Körpers nur wenig ausstrahlen, warm erhalten. Schwarze Kleider befördern im Sommer unsere Erhitzung, im Winter unsere Erkältung. In blank gewichsten Stiefeln leidet der Fuß im Sommer weniger von der Hitze, im Winter weniger von der Kälte, als in schmutzigen und geschmierten. Das Erfrieren der Füsse verhütet man am Besten durch Umwickeln mit Papier, Rindsblase, durch seidene, wollene, baumwollene oder leinene Strümpfe, die möglich doppelt angezogen werden, durch wasserdichte Schuhe, Ueberschuhe und Gummischuhe. Auch Einreiben von Fett oder Talg bewährt sich als sehr schützend gegen die Kälte, um gleich an der Quelle das Entweichen der Wärme des Körpers zu verhindern, und daher reiben die Nordländer Gesicht, Hände und Füsse mit Talg ein, um bei strenger Kälte lange im Freien ausdauern zu können.

Nicht eng anschließende Kleider erfüllen Bezugs des Warmhaltens sowohl, als des Eindringens der Wärme von Außen her ihren Zweck besser als anliegende. Die zwischen ihnen und dem Körper befindliche Luftschicht verhindert als äußerst schlechter Wärmeleiter nicht nur das Entweichen der animalischen Wärme des Körpers, sondern erschwert auch der äußeren, erhitzten Luft den Zutritt zum Körper. Aus beiden Gründen empfiehlt sich uns ihr Tragen im Winter wie im Sommer. Die Nord- und Südpolfahrer bedienen sich hiezu gefirnißter Taffete, Tücher und Linnen, um durch den dadurch noch mehr verhinderten Abfluß der Luft einen noch wirksameren Schutz vor der Kälte zu erlangen.

Denselben Zweck wie die Kleider, nämlich die animalische Wärme an den Körper des Menschen zu bannen, haben unsere Betten, und man bedient sich deßhalb zu ihrer Herstellung lauter schlecht leitender Stoffe, wie Federn, Haare, Wolle, Leinwand ꝛc.; dem Armen genügen Polster und Decken, mit Moos, Heu, Stroh u. s. w. angefüllt.

Ein drittes Schutzmittel gegen die Kälte gewähren uns unsere Wohnungen, die von der Art eingerichtet sind, daß wir in denselben gleichsam

den Gegner der Kälte, die Wärme, als Bundesgenossen bei uns zu wohnen nöthigen und um so weniger Gefahr laufen, den Angriffen der Kälte zu unterliegen. Um aber die Wärme, welche, wie wir sogleich näher sehen werden, meist durch Feuerung bewirkt wird, in unseren Wohnungen zusammen zu halten und an ihrem Entweichen so viel wie möglich zu verhindern, müßen wir uns als Material zu unseren Wohnungen der schlechten Wärmeleiter bedienen, und so würde eine trockene Lehmhütte mit Strohbedachung gewiß die wärmste Wohnung seyn, die sich nur bauen ließe. Dächer aus Stroh oder Moos würden mehr leisten als solche aus Holz (Schindeln); letztere mehr als die aus Ziegeln oder Schieferplatten und diese wieder mehr als solche aus Metallen, Eisen-, Zink- oder Kupferblech. Allein da die schlechten Wärmeleiter, die man zum Bau von Häusern gebrauchen könnte, nicht immer den erwünschten Grad von Festigkeit besitzen und auch aus anderen Gründen, wegen des Einflusses der nassen Witterung, der Feuergefährlichkeit u. s. w. weniger tauglich dazu sind, so baut man lieber massive Häuser aus weniger schlechten Wärmeleitern und benützt den Vortheil ihrer Festigkeit dazu, in ihnen Einrichtungen zu treffen, wodurch die Wärmeleitung möglichst aufgehoben wird. So kleidet man die steinernen Wände mit Holz aus und füttert die Dachung ebenfalls damit; der Fußboden wird nicht nur doppelt gedielt, sondern auch mit großen dicken Fußteppichen belegt; Tapeten bekleiden nicht selten erst die hölzernen Wände, und doppelte Thüren und Doppelfenster verwehren durch die zwischen ihnen befindliche, nicht bewegte Luftschicht, welche, wie wir wissen, zu den schlechtesten Wärmeleitern gehört, der freien Wärme den Ausgang aus dem geheizten Zimmer.

Mit dem Bau von Wohnungen, welche Bezugs unserer Bequemlichkeit sowohl, als des Festhaltens der in ihnen erzeugten Wärme fast alles Gewünschte leisten, sind wir wenig in Verlegenheit; desto mehr aber mit der Beantwortung der Frage, wie bei dem stets sich mehrenden Mangel an Brennmaterial durch den Verbrauch von so wenig Brennmaterial als möglich eine gewisse Menge Wärme entwickelt werden könne?

Schon Anfangs des **17** Jahrhunderts machte der Holzmangel sich fühlbar, wie die Schrift beweist, welche Franz Keßler unter der Aufschrift: „Holzsparkunst" im Jahre **1618** zu Frankfurt am Main herausgab, die so viel Beifall fand, daß sie ins Französische übersetzt wurde. Was Wunder auch, da man sich bis dahin, abgesehen von dem allmähligen Lichten der Wälder zur Bebauung des Bodens, fast allgemein jener Heizungsart be-

diente, zu der das meiste Brennmaterial erfordert wird, nämlich der Erwärmung durch Strahlung mittelst der Kamine? Nicht weniger als drei Viertel der entwickelten Wärme der im Kamine verbrennenden Holzmasse geht verloren und nur der vierte Theil kommt als strahlende Wärme zur Wirkung. Beim Torfe und der Torfkohle beträgt der Verlust zwar nur $^7/_{12}$, bei der Holzkohle die Hälfte und bei der Steinkohle ohngefähr auch dasselbe, aber immer stellt sich heraus, daß diese Einrichtung, nur mittelst der strahlenden Wärme die Erwärmung der Zimmerluft zu bewerkstelligen sehr unvortheilhaft ist. Dessen ungeachtet finden wir sie in Frankreich und England noch bis auf den heutigen Tag als die gewöhnlichste. Die Esse oder der Schlot geht wie gewöhnlich in das Zimmer und breitet sich an dem unteren Theile in der Höhe von einigen Fußen zu einer vorne offenen Nische aus, auf deren Boden sich eine Art Korb oder Rost für den Brennstoff in der Art angebracht befindet, daß das Feuer eigentlich frei im Zimmer brennt, der Rauch aber dabei seinen Abzug findet. Die Luft strömt also aus dem Zimmer nach dem Feuer, erwärmt sich dort und entweicht alsdann, — darin liegt der große Nachtheil — unmittelbar in die Esse ohne irgend eine Gelegenheit, einen Theil ihrer Wärme vorher nutzbar abzugeben. Dazu kommt noch, daß die Masse der zuströmenden Luft nicht geregelt werden kann und mithin eine beträchtliche Menge der bereits erwärmten Zimmerluft durch den Zug unnützer Weise weggerafft wird. Der einzige Weg, welcher dem Feuer offen steht, seine Hitze an die Zimmerluft abzugeben, ist demnach blos die Strahlung, und in welchem Maaße dieß geschieht, haben wir bereits erwähnt.

Bedenkt man nun, daß in früheren Zeiten weder Vorthüren, noch Vorfenster gebräuchlich waren und daß zur Feuerung der Kamine größtentheils hartes Holz, welches eine anhaltendere Gluth als das weiche gibt, benutzt wurde, so ist es wohl erklärlich, mit welchen Riesenschritten der Holzmangel und mit ihm die Holztheuerung von Jahr zu Jahr zunehmen mußte.

Man lernte allmählig einsehen, daß man sich mehr an die Wirkungen der Wärme durch Mittheilung, als durch Strahlung halten müsse, was durch einen großen erwärmten Raum, Heizraum, zu erzielen ist, der den Kaminen gänzlich abgeht. Und so entstanden denn unsere Oefen, die wir zuerst im nördlichen Deutschland kastenförmig aus Backsteinen erbaut finden und die nicht weniger als 5 Fuß lang, 4 Fuß breit und 6 bis 8 Fuß hoch waren. Bald erlitten diese vielfache Verbesserungen zur Holzersparniß, unter Anderem auch von einem Nürnberger Hafner, Leonhard Danner, welcher deßhalb ein kaiserliches Privilegium auf die Verfertigung holzerspa-

render Oefen erhielt; die meisten Kenntnisse in der Ofenbaukunde aber entwickelte der oben genannte Franz Keßler in der erwähnten Schrift, so daß es zu verwundern ist, daß dem ohngeachtet noch bis heut zu Tage so viel Oefen bestehen, denen alle Vorzüge mangeln, welche nach Keßlers Anweisung ein guter Ofen haben muß. Keßler beschreibt Oefen mit mehreren Kammern über einander, durch die der Rauch ziehen muß, brachte einen Rost mit Aschenkasten an und ließ die Luft von Außen in den Aschenkasten treiben. Ebenso war er auf das Anbringen eines Zugloches bedacht, um die Luft des Zimmers erneuern zu können — kurz man sieht, daß er fast mit allen Erfordernissen eines guten Ofen, die wir nun näher kennen lernen werden, hinreichend vertraut war.

Die Stelle der Oefens aus Backsteinen nahmen bald hierauf die Kachelöfen ein, was besonders in Deutschland der Fall war, wo nur noch in den Pallästen der Großen und in den Gemächern der Reichen die Kamine wegen des geringen Raums, den sie in den Zimmern einnahmen, vor den Oefen den Vorzug hatten, und nicht lange nachher sehen wir auch die sogenannten Kanonenöfen, meist aus Eisenblech, in vielfachem Gebrauch. Professor Leutmann war nach Keßler der Erste, welcher **1720** eine zweckentsprechende Ofenfeueruug bekannt machte,. und seitdem wurden unzähliche Versuche über Verbesserung der Oefen sowohl als der Kochheerde angestellt. Aus diesen Versuchen ergab sich nun, daß ein zweckmäßig erbauter Zimmerofen nothwendig nachstehende Eigenschaften besitzen muß:

1) der Ofen muß von allen Seiten frei und wo möglich entfernt von den Thüren seyn.

Dieses erste Erforderniß erklärt sich aus den Gesetzen der Verbreitung der Wärme nicht allein durch Strahlung, sondern auch durch Mittheilung. Je freier der Ofen steht, um so ungehinderter kann er die Strahlen der Wärme aussenden und um so gleichmäßiger kann die Erwärmung der den Ofen rings umgebenden Luftschichten, und so die Erwärmung des ganzen Zimmers erfolgen. Umstellt man den Ofen mit Möbeln u. dergl., so wird von ihnen der größte Theil der strahlenden Wärme eingesaugt. Steht der Ofen den Thüren nahe, so entweicht bei jedem Oeffnen derselben ein um so wärmerer Luftstrom am obern Theile der Thüre aus dem Zimmer, je näher der Ofen an diesen sich befindet und ein kalter stürzt um so heftiger in unterem Theile herein.

2) Der Ofen muß eine der Größe des Zimmers angemessene Oberfläche besitzen, dabei nicht zu niedrig seyn und so nahe an den Fußboden

reichen, als es ohne Feuersgefahr geschehen kann, mithin nicht mehr als einen halben Fuß Entfernung vom Boden haben.

Durch vielfache Versuche hat sich herausgestellt, daß das Brennmaterial mit um so geringerem Erfolge in einem Ofen verwendet wird, je weniger Oberfläche derselbe hat und je größer die Menge der Wärme ist, welche durchschnittlich eine Fläche von einem Fuß Länge und Breite, ein Quadratfuß, in einer gewissen Zeit liefert. Durch einen kleinen Ofen läßt sich zwar ein Zimmer nach und nach erhitzen, wenn der Ofen in sehr hohe Temperatur versetzt wird, immerhin aber wird dazu viel mehr Brennmaterial erfordert, als wenn die Erwärmung des Zimmers durch einen größeren Ofen geschieht.

Was aber die gehörige Ausdehnung des Ofens in die Höhe und Tiefe des Zimmers betrifft, so muß diese wegen der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit der Luft und der eigenthümlichen Mittheilung der Wärme durch Bewegung oder vielmehr Strömung, wovon wir früher sprachen, also erfolgen:

Nach gemachten Erfahrungen kann jeder Quadratschuh Oberfläche eines sehr mäßig geheizten eisernen Ofens wenigstens zwei, eines auf die gewöhnliche Art geheizten Ofens aber drei Cubikklafter (ein Raum, der 12 Fuß in der Länge, Breite und Höhe hat) Zimmerluft im Winter auf +16 bis +20° R erwärmen, wenn die Zimmerhöhe 12 Fuß nicht übersteigt. Beträgt z. B. die Oberfläche eines solchen Ofens 15 Quadratschuh und die Oberfläche seiner blechernen Röhre 8 Quadratschuh, so erwärmt ein solcher Ofen in unserm Klima bei sehr mäßiger Heizung nicht weniger als zweimal 23 oder 46 Kubikklafter Zimmerraum.

3) Der Ofen muß bei dem möglichst kleinen inneren Feuerraum die größt möglichst äußere Fläche darbieten.

Abgesehen von der Beschaffenheit der Oberflächen der Oefen theilt offenbar diejenige die meiste Wärme theils durch Ausstrahlung, theils durch Leitung mit, welche die größeste ist. Und da die Menge der Wärme, welche ein Körper aufnimmt, wiederum von dem körperlichen Raum abhängt, den er besitzt, ein großer Feuerkasten also mehr Wärme aufnimmt, als ein kleiner, so muß ein Ofen so beschaffen seyn, daß er bei dem möglichst kleinsten Feuerkasten die größtmöglichste Oberfläche darbietet. Dieser Bedingung entsprechen die länglich viereckigen Oefen mehr als die gleichseitig viereckigen. Am wenigsten aber die Rund- oder sogenannten Kanonenöfen, welche bei gleicher Oberfläche mit anderen eckigen Oefen den größten inneren Raum besitzen und demnach das meiste Brennmaterial zu ihrer

Beheizung erfordern. Ueberhaupt aber dürfen die Oefen nach dem Obigem nicht zu klein seyn.

4) Der Feuerkasten des Ofens muß so beschaffen seyn, daß er das Feuer enge zusammenfaßt und zwar nach Beschaffenheit der Flamme, welche das zur Feuerung benützte Brennmaterial gibt.

Da das Feuer diejenigen Körper am besten erwärmt, die es mit seiner Flamme berührt, so muß dieser untere Theil des Ofens eine schmale und niedrige Form haben, damit bei hinreichendem Zuge die Flamme alle Seitenflächen möglichst gut berührt. Allerdings trägt auch die strahlende Wärme des brennenden Feuers bei, die entfernten Wände des Ofens zu erhitzen, aber wenn blos in der Mitte eines großen Ofens ein Feuer brennt, so wird der Ofen bei Weitem nicht so gut erwärmt, als wenn wir die Flamme zwingen, sich an den Wänden hin zu ziehen. Wird mit Holz gefeuert und ist am Feuerkasten keine Bratröhre angebracht, so ist es am vortheilhaftesten, den Kasten nur 9 bis 10 Zoll breit, 16 bis 18 Zoll lang oder tief, und damit die Spitze der Flamme nach Erforderniß wirken kann, mindestens 8 Zoll, höchstens 12 bis 16 Zoll hoch zu machen. Bei Feuerungen mit Torf oder Steinkohlen kann die Höhe aber selbst 24 Zoll und die Breite bis zu 18 Zoll betragen.

5) Der Verbrennungsproceß muß lebhaft unterhalten und so vollkommen als möglich vollzogen werden.

Dieses wird von Seite des Ofens dadurch erreicht, daß unmittelbar unter dem Feuerkasten ein Aschenfall oder Aschenkasten, der mittelst eines eisernen Thürchens mit der äußeren Luft in Verbindung steht, angebracht ist, welchen ein eiserner Rost vom Feuerkasten scheidet. Die äußere Luft ist alsdann genöthigt, das auf dem Roste liegende Brennmaterial, sobald einmal die innere Luft des Ofens nur etwas erwärmt und ausgedehnt ist, zu durchstreichen und ihren Sauerstoff zur lebhaften Verbrennung abzugeben. Von der richtigen Construction dieses eisernen Rostes, auf welchem das Feuer brennen soll, hängt der Luftzug bedeutend ab. Seine Oeffnungen dürfen nicht zu enge seyn, damit nicht Asche und klein zerbröckelte Kohlen dieselben verschließen; aber auch nicht zu weit von einander entfernt, so daß schon größere Kohlen durchfallen und eine Brennstätte im Aschenkasten selbst entsteht, die nachtheilig auf das Ofenfeuer wirkt. Diejenigen Roste sind die besten, deren Stäbe oben platt, die Oeffnungen aber oben enge und unten weit sind. Wird mit Holz oder Torf gefeuert, so dürfen die oberen Oeffnungen höchstens $1/3$, besser aber nur $1/4$ Zoll

weit seyn; bei Steinkohlenfeuer aber $^3/_8$ bis $^1/_2$ Zoll. Oefen, die mit Steinkohlen, Koaks, Braunkohlen oder Torf erheizt werden, haben stets einen Rost, weil diese Materialien, welche wir alsbald näher kennen lernen werden, ohne denselben gar nicht brennen würden, und nur den mit Holz geheizten Ofen geht er zuweilen ab und soll durch ein in dem Einschürthürchen angebrachtes Zugthürchen ersetzt werden. Indeß hat der Rost immer den Vortheil, daß durch ihn der Feuerheerd rein erhalten wird, weil die Asche sogleich durchfällt, daß durch ihn der Luftzug auf jene Brennmaterialien, welche keine so großen Zwischenräume wie das Holz bilden, z. B. auf kleine Späne, Lohkuchen, Steinkohlen rc. stärker einwirkt, und daß endlich durch ihn bessere Asche erzweckt wird, weil solche sogleich bei ihrer Entstehung durchfällt und nicht dem wiederholten Verbrennen im Ofen ausgesetzt ist. Tritt erwärmte statt kalter Luft zu dem entzündeten Körper, so findet das Brennen lebhafter und rascher statt. Die bereits brennenden Körper werden durch die hinzu kommende warme Luft in ihrem raschen Brennen nicht zurück gehalten und brennen daher an der Stelle dieses Zuströmens lebhafter.

Die Erzeugung eines lebhaften Verbrennungsprocesses geht aber nicht allein von Seite des Ofens aus, sondern mehr noch als die zweckmäßige Einrichtung im Ofen selbst trägt dazu, ein gut gebauter Schornstein bei, der mit dem Ofen verbunden ist. Dieser hat den Zweck, nicht nur die aufsteigende wärmere Luft aufzunehmen, sondern lange warm zu erhalten und dadurch, wegen ihres geringeren Gewichtes im Vergleich mit der äußeren Luft, rasch aufsteigen zu machen, bevor durch das offene Aschenloch und den Rost die äußere Luft in den Heizraum nachzustürzen bestimmt wird. Letztere Bedingung erfüllt er in einem um so höheren Grade, je höher er ist. Weit braucht er bei einem Stubenofen keineswegs zu seyn, da es einleuchtend ist, daß der Schornstein höchstens so weit zu seyn braucht, als die den Rauch ableitende Ofenröhre ist. Vielmehr ist es zweckmäßig, ihn enger als diese Röhre zu machen und in gleichem Grade ihn allmählig um so mehr zu verengern, als die Wärme des aufsteigenden Rauches abnimmt.

6) Die erhitzte und wo möglich aller verbrennlichen Stoffe beraubte Luft muß zur möglichst vollständigen Abgabe ihrer Wärme gezwungen werden, was durch sogenannte Rauchcirculationskanäle am Besten zu bewirken ist.

Schon ein bloser hoher Aufsatz, wie der obere Theil des Ofens ge-

nannt wird, leistet hier viel, weil die kreisende Bewegung des Feuers und Rauchs im Ofen verlängert wird, der Ofen viel erwärmte Oberfläche erhält und mithin desto mehr Wärme in das Zimmer dringt. Noch mehr ist dieses aber der Fall, wenn der Aufsatz aus mehreren frei stehenden oder liegenden Canälen, durch welche sich der Rauch hindurch zieht (Rauchcirculations-Canälen) besteht, welche selbst zu beiden Seiten des Feuerkastens bis zu dessen Boden herabgeleitet sind und dem Ofen eine gefälligere, seiner Höhe und Tiefe angemessenere Form geben. Der Ofen erhält dadurch nicht nur mehr erwärmte Oberfläche, sondern es entweicht auch nicht umsonst der noch allzu warme Rauch in den Schornstein; daher die Anbringung solcher Canäle zur wesentlichen Eigenschaft eines sogenannten Sparofens gehört.

Fortgesetzte Versuche und vieljährige Erfahrungen haben gelehrt, daß die senkrechten, oder auf- und absteigenden Canäle zwar einen stärkeren Zug als die horizontal oder wagerecht liegenden haben, daß sie aber nicht so viel anhaltende Hitze bieten als letztere, in welchen der warme Rauch länger verweilt. Nur müssen diese aus letzterem Grunde auch öfters als jene von dem in ihnen abgesetzten Ruß gereinigt werden, um nicht an Wärmemittheilungskraft zu verlieren. Die Aussenflächen dieser Canäle müssen übrigens wo möglich dem Zimmer zugewendet seyn und dürfen nicht in dem Ofen versteckt werden, sondern müssen frei stehen, um die Wärme nach allen Seiten hin aussprühen zu können. Ihre innere Weite soll 5 bis 6 Zoll ins Gevierte betragen, oder die Breite und Weite des Canals soll 5 bis 6 Zoll messen, und die Wände sollen aus ungefütterten (nicht mit Lehm ausgefüllten) Kacheln bestehen. Nur der erste Canal, in dem gleich vom Feuer aus die Hitze aufsteigt, wird 3 bis 4 Fuß hoch aus mit Lehm ausgefütterten Kacheln erbaut und zu jenen Wänden, welche zwei neben einander befindliche Canäle gemeinschaftlich haben, werden vortheilhaft aufgestellte Ziegelplatten, oder noch besser glasirte Platten verwendet.

Was die Länge der den Ofen durchziehenden Canäle betrifft, so soll dieselbe bei einer schwachen Feuerung, zumal wenn der Schornstein nicht abgeschlossen ist, nicht über 50 Fuß betragen, weil außerdem der Rauch zu sehr erkaltet in den Schlot kommt und schon vorher seine aus den Brennstoffen entwickelten wässerigen Theile und feuchten Dünste im Ofen, oder doch wenigstens im blechernen Rauchabzugsrohr absetzt, was ein öfteres Reinigen dieser zur Folge hat. Zu sehr erkalteter Rauch ist unter Umständen auch nicht fähig, in der Luft aufzusteigen. In zu kurzen Canälen ist der Zug gewöhnlich zu heftig und die Hitze zieht zu schnell in den

Schornstein ab und theilt sich zu wenig den Canalwänden mit. In solchen Fällen muß die sogenannte Zunge der Röhre, die am Besten aus einer glasirten thönernen Platte gefertigt ist, an deren glatten Flächen sich der Ruß nicht so leicht ansetzt, so weit geschlossen werden, daß die Verbrennung langsamer vor sich geht. Bei jenen Zimmeröfen, die täglich geheizt werden und zwar durch weiches Holz, muß wenigstens alle 8 bis 9 Wochen eine Reinigung der Canäle, die durch gehörig angebrachte, verdeckte Oeffnungen möglich ist, statt finden. Bei wagrecht laufenden Canälen ist sie jedoch oft schon nach Verlauf von 6 Wochen erforderlich, damit nicht der allzu dick sich ansetzende Ruß als schlechter Wärmeleiter die Wärmemittheilung der Canäle erschwert.

Gleichsam als eine Fortsetzung dieser Canäle ist das Rauchabzugsrohr zu betrachten, ein von starkem, schwarzem Eisenblech gefertigtes, mit einer Sperrscheibe versehenes, nicht über 5 Zoll weites Rohr, das den Rauch aus dem Ofenauffsatz in den Schlot leitet. Bei dessen Anfertigung ist vorzüglich darauf Rücksicht zu nehmen, daß es nicht vom Ofen gerade aus oder senkrecht in die gegenüber stehende Wand geleitet wird, sondern so viel als möglich steil aufwärts, weil sich sonst der Rauch an der Schornsteinwand abstößt und nach Umständen entweder gänzlich in den Ofen zurück tritt oder doch wenigstens nicht gehörig aufsteigt und sich im Vorplatz u. s. w. verbreitet. Dieses Rauchrohr wird nicht selten, zumal wenn der Ofen keine Canäle hat, sehr lange gemacht und selbst in mancherlei Windungen im Zimmer herumgeführt, wodurch eine bedeutende Abgabe von Wärme erzielt wird.

Auch der Ofenhals gibt dem Ofen mehr äußere Fläche und befördert zugleich den Luftzug, welches zwei nothwendige Erfordernisse eines Sparofens sind. Die Länge dieses von der inneren Seitenwand des Zimmers bis zum Ofen muß wenigstens 8 bis 10 Zoll, die Breite und Höhe aber jener des Ofenthürchens gleich seyn, wenn nicht von Außen eine Brat- oder Kochröhre angebracht wird, in welchem Falle der Hals etwa um drei Zoll höher seyn muß, als das Ofenthürchen und das Bratrohr zusammen, um der Feuerspielung mehr Raum zu gewähren. Die Breite aber richtet sich alsdann nach der Breite des Koch- oder Bratrohres, wo gleichfalls 3 Zoll zu beiden Seiten für die Feuercirculation zugegeben werden müssen.

7) Das Material endlich, woraus der Ofen besteht, soll die Wärme schnell mittheilen, anderseits dieselbe aber auch möglichst lange anhalten.

Gewöhnlich besteht dieses Material entweder in Blech, Gußeisen, Fayance oder Thon. Die metallenen Oefen werden zwar sehr schnell warm, erwärmen also auch bald das Zimmer, in welchem sie sich befinden, allein sie werden auch schnell wieder kalt, wenn nicht die Verbrennung in ihnen fortwährend unterhalten wird. Sie sind also nur da mit Vortheil anzuwenden, wo es sich darum handelt, nur auf ganz kurze Zeit Wärme zu erregen. Dabei, behauptet man, hätten diese Oefen noch das Unangenehme, der Luft einen unangenehmen Geruch mit zu theilen und sie zu sehr aus zu trocknen. Was das Erste betrifft, so rührt der unangenehme Geruch wahrscheinlich von der Veränderung her, welche die in der Luft befindlichen pulverförmigen Materien durch die Berührung des Metalls erleiden, dessen Temperatur oft sehr hoch und stets bei gleichem Aufwand von Brennmaterial höher ist, als wenn die Wände des Ofens aus Fayance oder Thonkacheln beständen. Für das Austrocknen der Luft aber durch das heiße Metall ist kein Grund anzugeben, da letzteres im Allgemeinen keine hinreichende Temperatur hat, um das Wasser, welches die Luft in Dampfgestalt enthält, zu zersetzen. Vielleicht erscheint die Luft nur trocken, weil sie vermöge ihrer Wärme mehr Dämpfe auflösen kann und von ihrem Sättigungspunkte weiter entfernt ist, was Alles bei der größeren Hitze des eisernen Ofens in höherem Grade statt findet, als bei der geringeren des Kachelofens. Wie dem aber auch sey — ein Gefäß voll Wasser, auf den eisernen Ofen gesetzt, liefert der Luft wieder die Wasserdämpfe, welche sie möglicher Weise verloren hat.

Die aus Thon oder Fayance gefertigten Oefen werden dagegen schwieriger warm; allein, einmal erwärmt, geben sie ihre Wärme nur langsam ab und erhalten lange eine angenehme Temperatur. Dazu kommt noch, daß sie bedeutend weniger kostspielig sind als eiserne Oefen, zumal wenn diese erst aus weit entfernten Eisengießereien oder Eisenhandlungen verschrieben werden müssen.

Aus diesen erwähnten Eigenschaften beiderlei Art Oefen geht hervor, daß Bezugs des Materials keine Art allein die Bedingungen erfüllt, die an einen guten Ofen gestellt werden, daß er nämlich schnell und anhaltend Wärme abgibt. Diesem Uebelstande sucht man nun auf verschiedene Weise abzuhelfen, einmal nämlich, daß man blos den Feuerkasten oder überhaupt den unteren Theil des Ofens aus Gußeisen fertigt und den Aufsatz oder Obertheil aus Kacheln, oder daß man an die inneren Wände des gußeisernen Ofens Dachziegeln mit Lehm, **3** bis **4** Zoll von einander entfernt, dambrettförmig anlegt oder auch nur die Eisenplatten theilweise mit

feuerfestem Lehm überzieht, oder endlich, daß man von der Bodenplatte des irdenen Ofens an blecherne Röhren durch den Ofen hindurch zur Ofendecke hinausführt. Auf letztere Art geschieht die Abhilfe unstreitig am Besten und wird in kurzer Zeit eine gleichmäßige Temperatur zwischen den an der Zimmerdecke und am Fußboden befindlichen Luftschichten hergestellt. Wird nämlich die in der an beiden Enden offenen Röhre befindliche Luft durch das Ofenfeuer erwärmt und ausgedehnt, so tritt sie zur oberen Oeffnung erwärmt heraus und gestattet der unteren, kalten Luft in die untere Oeffnung der Röhre zu treten und in letzterer erwärmt zu werden. Ist diese gehörig erwärmt, so steigt sie zur oberen Oeffnung heraus, veranlaßt hiedurch die untere, kältere Luft zum Nachstürzen in die verlassene Stelle u. s. w., so daß der erwartete Erfolg nicht ausbleiben kann. Damit nicht Staub und brennbare Körper, von denen die Zimmerluft fast nie ganz frei ist, in die etwa drei Zoll weiten Röhren gelangen und durch ihr Verbrennen in der heißen Röhre der Zimmerluft einen unangenehmen Geruch zuführen können, so pflegt man die beiden Mündungen der Röhren mit ganz feinen Drahtgittern oder sogenannten Haarsieben zu versehen, durch welche das Gewünschte geleistet wird.

Die Beschaffenheit der Ofenoberflächen selbst, die mit der äußern Luft in Berührung stehen, hat freilich einen großen Einfluß auf ihre Abkühlung Bezugs der Ausstrahlung der Wärme, abgesehen von jener Abkühlung durch die unmittelbare Berührung mit der Luft, welche vom Zustande und der Beschaffenheit der Oberfläche unabhängig ist. Bezugs dieser Ausstrahlung lernten wir nun früher den Erfahrungssatz kennen, daß die Wärmeausstrahlung um so besser erfolgt, je rauher und unebener die Oberflächen der Körper sind und je dunkler ihre Farben, und daher kühlen sich die Oefen mit glänzenden, metallischen Oberflächen nur sehr langsam ab, während es bei denen von matter, dunkler Oberfläche bei Weitem rascher der Fall ist. Zieht man die Geschwindigkeit der Abkühlung der Körper durch die blose Berührung der Luft mit in Rechnung, so ergeben sich für die Geschwindigkeit der ganzen Abkühlung verschiedener Körper in der Luft folgende Verhältnißzahlen, wenn man die Geschwindigkeit der Abkühlung des Glases in der Luft mit der Zahl 500 bezeichnet:

mit Kienruß überzogenes Metall	530	neues Blech	848
glänzendes Blei	284	rostiges Blech	980
polirtes Eisen	272	Gußeisen	1600
Weißblech, Silber, Gold, polirtes Kupfer	263	Thon	806

So viel von der zweckmäßigen Einrichtung der Oefen unserer Wohnzimmer zur Ersparung des Holzes, wobei noch zu bemerken ist, daß das Heizen derselben von Außen viel zweckmäßiger geschieht, als vom Zimmer aus, zumal wenn dasselbe mit guten Möbeln ausgestattet ist oder als Schlafzimmer dient. Denn bei aller Vorsicht ist es beim Heizen des Ofens vom Zimmer aus nie gänzlich zu vermeiden, daß Rauch in das Zimmer kommt; gar oft tritt dieß ein, wenn starker Wind oder anhaltendes Regenwetter, die das Aufsteigen des Rauchs im Schornstein nicht begünstigen, statt findet. Dann zieht viele erwärmte Zimmerluft durch die Einheizöffnung in den Ofen ab, die von der durch Fenster und Thüren eindringenden kalten Luft ersetzt wird, und endlich ist der Kohlendampf, der sich dem Zimmer mittheilt, wenn die Sperrklappe des Rauchrohrs nur etwas früher, bevor die Kohlen ganz abgekühlt sind, geschlossen wird, der Gesundheit sehr nachtheilig.

Allein der best gebaute Ofen kann an seinen Vorzügen verlieren und den seiner Bauart angemessenen guten Erfolg nicht leisten, wenn er nicht auch gehörig geheizt wird, wobei es zugleich auf eine genauere Kenntniß unserer Brennmaterialien ankommt.

Lernen wir demnach die vorzüglichsten Regeln kennen, welche beim Heizen der Oefen, besonders der vortheilhaften Rauchcirculationsöfen, zu beobachten sind, wie sie vom Herrn Major von Kern in seiner Anleitung: Zimmer- und Kochöfen zu bauen, gegeben werden und gehen dann zu einer näheren Betrachtung unserer Brennmaterialien über.

Regeln, welche beim Heizen zweckmäßig erbauter Oefen zu beobachten sind:

Man wende nur kleingemachtes, ganz trockenes Holz an, und lege solches so ein, daß es so viel als möglich Zwischenräume bildet, damit die durch den Rost einströmende Luft lebhaftes Verbrennen bewirken kann und lästiges Rauchen und gänzliches Erlöschen des Feuers vermieden wird. Aus diesem Grunde darf auch nicht zu viel Holz auf Einmal in den Ofen gelegt werden. Lodert die Flamme hell, so wird erst dann das noch weiter nöthige Holz eingelegt, das Einheizthürchen zugemacht und nur noch das Aschenfallthürchen offen gelassen. Ist der Ofen aber mit keinem Aschenkasten versehen, so muß das Einheizthürchen ein Zugthürchen haben, welches den Luftzug befördert und so lange geöffnet bleibt, bis nicht mehr Holz nachgelegt wird.

Man lasse in dem Aschenkasten nie zu viel Asche sich anhäufen, weil außerdem die Luft nicht hinlänglich einströmen kann, und sorge gleichfalls

dafür, daß die Fugen des Rostes nicht verstopft sind. Nur dann, wenn die Flamme schon ganz hell lodert und man einen schwächeren Luftzug bezwecken will, werden obige Thürchen nach Erforderniß weniger oder mehr geschlossen. Ebenso muß die Sperrscheibe des Rauchrohrs, wenn die Flamme schon sehr stark ist, nach Erforderniß etwas wenig zugestellt werden, damit die Wärme durch zu heftigem Luftzug nicht so schnell entweicht.

Das Rauchrohr muß man fleißig vom Ruß reinigen, da bei Nichtbeobachtung dieser Regel nicht nur mangelhafter Luftzug entsteht, sondern auch der in dem eisenblechernen Rauchrohr gesammelte Ruß sich plötzlich entzünden und einen Schornsteinbrand verursachen kann. Nothwendig muß auch der Schornstein an der Stelle, wo das Rauchrohr einmündet, öfters mit dem Besen vom Ruß gesäubert werden.

Die Regelung des Rauchzuges trägt sehr erfolgreich zur Holzersparniß bei und ist ein wesentlicher Gegenstand bei den Rauchcirculationsöfen. Ist der Zug zu stark, so entweicht die Hitze zu schnell aus dem Ofen und erwärmt dessen Kanäle und Seitenwände nicht hinlänglich. Daher stelle man bei sehr starkem Zuge die Sperre oder den Schieber des Rauchrohrs nach Bedürfniß etwas wenig schief oder schließe mehr zu, damit die Hitze nicht zu schnell entweicht. Ein Gleiches beachte man auch beim Zugthürchen am Aschenkasten, damit minder starker Zug entsteht. Nach dem Verbrennen des Holzes, wenn weder Flammenfeuer noch Rauch mehr in dem Feuerkasten sind, darf nur noch so viel Luft durch den Ofen streichen, daß die Kohlen völlig verglimmen können, dann aber muß man alle Oeffnungen sorgfältig schließen, um dadurch die Wärme möglichst lange beisammen zu halten. Man hüte sich aber sehr, dieses Schließen zu frühe vorzunehmen, bevor alle blauen Flämmchen über den glühenden Kohlen verschwunden sind und ein weißer Faum sich über ihnen bildet, weil außerdem Kohlenoxydgas und Kohlensäure sich der Zimmerluft mittheilen, diese Gasarten aber zum Einathmen untauglich und den Lungen gefährlich sind.

Beim Einheizen mit trocknem Torf lege man zuerst etwas Späne ein, auf diese etliche kleine Holzscheitchen, worauf der Torf folgt, welcher kreuzweise auf das Holz übereinander geschichtet wird, so daß hinlängliche Zwischenräume entstehen, durch welche die Flammen dringen und den Torf in Gluth versetzen können. So wie der Torf vollkommen glüht, wird nach Erforderniß langsam nachgelegt und erst dann, wann die Erwärmung hinlänglich ist, wird die Luftcirculation gesperrt. Wird mit Steinkohlen gefeuert, so sättigt man sie zuvor mit Wasser, weil sie dann besser brennen und mehr Hitze geben.

Aus den letzten Andeutungen über die Behandlung des Torfes und der Steinkohlen geht schon hervor, wie nothwendig es sey, von unseren gewöhnlichen Brennmaterialien nähere Kenntniß zu haben; noch mehr aber tritt dieses Bedürfniß hervor, wenn es sich um die Wahl des Brennmaterials handelt, welche, da zur Ofenheizung alle Brennmaterialen angewendet werden können, blos vom Preise abhängt. Die Vergleichung dieses mit den Leistungen des Materials bestimmen unsere Wahl.

Von den Brennmaterialen.

Ob es gleich der brennbaren Körper sehr viele, sowohl einfache als zusammengesetzte, gibt, so ist doch die Anzahl derjenigen, welche zur Hervorbringung von Wärme, besonders in den Künsten und Gewerben, angewendet werden, nur gering, da sie, um gebraucht zu werden, mehreren wichtigen Bedingungen entsprechen müssen, wodurch eine große Anzahl ausgeschlossen wird. Sie müssen nämlich einmal in der atmosphärischen Luft leicht brennen und es muß die durch die Verbrennung entwickelte Wärme stärker seyn, als die, welche zu ihrer Hervorbringung erforderlich ist, so daß also die Verbrennung gut erhalten wird; dann müssen sie in Menge zu billigen Preisen vorhanden seyn und die beim Verbrennen sich bildenden Gase und Dämpfe die Eigenschaft haben, daß sie die Körper, auf welche die Wärme einwirkt, nicht verändern und weder der Thier- noch Pflanzenwelt schädlich sind. Der Kohlen- und der Wasserstoff sind die einzigen einfachen Körper, welche diese verschiedenen Bedingungen erfüllen, und aus ihnen bestehen auch dem größten Theile nach die von uns gewöhnlich benutzten Brennmaterialien, als da sind: Holz, Holzkohlen, Stein- und Braunkohleu, Koaks, Torf, Torfkohlen, Lohkuchen, Tannenzapfen. Lernen wir nun diese einzelnen Brennmaterialien und ihr Erheizungsvermögen näher kennen.

Das Holz

ist diejenige Materie, welche das feste Gerüste der Pflanzen bildet; jedoch wendet man den Namen vorzüglich auf die Stämme und Zweige der Bäume an. Es besteht dem Wesentlichen nach aus Fasern, einer aus Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff zusammengesetzten Verbindung, deren Eigenschaften bei allen Hölzern wenigstens $^{19}/_{20}$ des Holzraums beträgt, ferner enthält es in seinen Gefäßen Saftbestandtheile und dann nach seiner Beschaffenheit, Trockniß, seinem längeren oder kürzeren Aufenthalt in der Luft oder im Wasser verschiedene Mengen von Salzen, Farbestoffen, Harzen u. s. w.

Was die Zeit betrifft, zu welcher der Einschlag des Holzes am zweck-

mäßigsten geschieht, so lassen sich hierüber keine allgemeine Regeln geben. Die beste Schlagzeit ist allerdings die, in welcher der vorjährige Saft schon zu Holz geworden und der neue noch flüssig ist und sich noch nicht verdickt hat, und deßhalb wählt man beim Nadelholze die Wintermonate Januar, Februar, März, ehe der Saft in die Bäume tritt, und beim Laubholze die ersten Frühlingsmonate März, April, wenn der Saft erst anfängt, in das Holz zu schießen; allein in moorigen und bruchigen Gegenden müssen ohne Wahl die Wintermonate zum Holzschlagen genommen werden, und dann können die klimatische Beschaffenheit, die Witterung des Jahres, die Beschaffenheit des Bodens und des Holzes, vorzüglich die Lage des Forstes den Einschlag in den Sommermonaten oft rathsamer machen, als in den Wintermonaten. Allgemeine Regel jedoch bleibt es immer, daß das Holz um so längere Zeit zum Austrocknen nöthig hat und wegen der verdickten Säfte dem Stocken um so leichter ausgesetzt ist, je später im Jahre das Fällen vorgenommen wurde. Das im Holze befindliche Wasser ist nicht bei allen Holzarten in gleichem Maaße vorhanden und es scheint, daß die Hölzer um so mehr davon enthalten, je weniger Dichtigkeit sie besitzen. Im Durchschnitt kann man annehmen, daß die in den frischen Hölzern befindliche Wassermenge 40, und die in den 8 bis 12 Monate lang in der Luft getrockneten Hölzern 25 Procente am Gewicht betrage, so daß 8 Klafter trockenes Holz eben so viel wiegen als 5 Klafter nasses. Genauere Resultate aber enthält folgende Tabelle, in welcher das Gewicht eines einen Schuh langen, breiten und hohen Würfels, eines Cubikfußes, aus verschiedenen Holzarten in grünem und trockenem Zustande angegeben ist:

Benennung der Holzart.	in grünem Zustande	in trocknem Zustande
	bayer. Pfunde.	bayer. Pfunde.
Buchenholz	56	42
Birkenholz	45	32
Eichenholz	50	38
Erlenholz	42	30
Fichtenholz	34	20
Kiefer oder Föhre	40	28
Lerchenholz	42	30
Lindenholz	38	26

Vollkommen trocknes Holz, in einem ungeheizten Zimmer aufbewahrt zieht aus der Luft binnen einem Jahre zehn Procente seines Gewichtes Wasser an sich oder wird um den zehnten Theil seines Gewichtes schwerer, und zwar gilt dieses von allen bisher untersuchten Holzarten, so daß also die Feuchtigkeitsmenge, welche die trockenen Hölzer in sich aufnehmen können, von ihrer Beschaffenheit und Dichtigkeit ganz unabhängig ist, das harte, schwer entzündbare und festere Kohlen gebende Holz eben so viel Wasser aus der Luft anzieht, als das weiche Holz, das sich leicht entzündet und lockere Kohlen gibt. Nasses Holz gibt aber aus zwei Gründen weniger Wärme als trockenes, einmal, weil das Wasser, welches kein brennbarer Körper ist, keine Wärme entwickeln kann, und dann, weil dasselbe, um sich in Dämpfe zu verwandeln, eine bedeutende Menge Wärme bedarf, welche die Dämpfe binden, wie wir aus der Betrachtung des Uebergangs der Körper von dem tropfbar- in den ausdehnsam-flüssigen Zustand bereits früher kennen gelernt haben.

Man soll daher Brennholz in möglichst luftfreiem Raum aufbewahren, um es so lufttrocken als möglich zu erhalten und daraus eine größere Wärmemenge beim Verbrennen zu erzielen. In den Glas- und Porzellanfabriken begnügt man sich deßhalb nicht einmal mit ganz lufttrockenem Holze, sondern zieht es sogar vor, es in eigenen Oefen zu trocknen, was jedoch mit großer Vorsicht geschehen muß, da der Zeitpunkt, wo der letzte Antheil Wasser weggeht, mit der anfangenden Zersetzung des Holzes zusammen fällt und das Holz sich zu bräunen anfängt. Liegt nasses Holz an einem Orte aufgespeichert, wo es selbst feucht ist und kein gehöriger Luftzug statt findet, so tritt nach einiger Zeit eine förmliche Umwandlung seiner Bestandtheile ein, welche mit einer beinahe vollständigen Vernichtung seiner Brennkraft verknüpft ist. Bekanntlich verwandelt sich das abgestorbene Holz im Kern von alten Bäumen, wo zwar die Feuchtigkeit, nicht aber die Luft Zutritt hat, in eine weiße, mürbe, bei Nacht glänzende Substanz, in sogenanntes faules Holz, welches angezündet ohne alle Flamme langsam wie Zunder verglimmt und wenig oder gar keine Hitze gibt. Gerade so ergeht es mit dem an feuchten Orte aufbewahrten Holze, zu dem die Luft nicht freien Zutritt hat. Es tritt ein Vermoderungsproceß im Holze ein, welcher bewirkt, daß das Holz mit wenig Flamme brennt, mehr nur glimmt und äußerst wenig Wärme entwickelt. Man sagt von solchem Holze, es ist gestockt.

Was nun das Heizvermögen der einzelnen Hölzer betrifft, so ist leicht begreiflich, daß, da die Hölzer alle dem Wesentlichen nach aus faserigen Theilen bestehen, deren Bestandtheile unveränderlich sind, auch alle bei gleichem

Gewichte und gleicher Trockenheit gleiche Wärmemengen entwickeln müssen, so daß also 10 Pfund trockenes Erlenholz eben so viel Hitze geben als 10 Pfund eben so trockenes Buchenholz. Nur kleine Unterschiede können in dieser Beziehung unter den einzelnen Hölzern sich ergeben und dieß lediglich in Folge der ungleichen Mengen unverbrennlicher Stoffe, welche die Hölzer enthalten und die ihre Asche bilden. Diese Unterschiede selber lassen sich aber für die einzelnen Hölzer nicht bestimmt angeben, da die von einer und derselben Holzart sich ergebende Aschenmenge nach der Beschaffenheit des Erdreichs, in welcher sie gewachsen, nach der Lage, dem Alter und selbst nach den verschiedenen Theilen eines Stammes verschieden ist. Im Allgemeinen geben die Hölzer weniger Asche als die Gräser, die Nadelhölzer weniger als die Laubhölzer, das Stammholz weniger als das Prügelholz, dieses weniger als der Splint. Und so hat sich zufolge genau angestellter Versuche herausgestellt, daß die weichen Holzarten, d. i. die Nadelhölzer, so wie die Linde, die Weide und die Pappel bei gleichem Gewichte und gleicher Trockne etwas mehr Hitze geben als die harten, weil diese wegen ihres größeren Gehaltes an Erden und Salzen mehr Feuchtigkeit zurück halten, als jene. Immerhin sind aber diese gefundenen Unterschiede so gering und ein Theil dieser rührt vielleicht doch von fehlerhaften Beobachtungen her, daß man ohne wesentliche Irrthümer für die Praxis annehmen kann, daß die trockenen Hölzer von gleichem Gewichte auch alle gleiche Heizkraft haben. Ungesundes oder durch Auslaugen der Harze verdorbenes, oder im Saft gefälltes Holz hat freilich eine geringere Heizkraft und gibt schlechtere Kohlen, als vollkommen gesundes, rechtzeitig gefälltes Holz. Dasselbe gilt von geflößtem Holze, dessen Aufenthalt im Wasser ihm alles Lösliche entzieht und seine Heizkraft um den fünften Theil vermindert. Holz, welches vom Regen und Schnee gänzlich durchnäßt ist, besitzt nur den dritten Theil der Heizkraft des ganz trockenen Holzes derselben Gattung.

In Bezug auf den gleichen räumlichen Inhalt (die Klafter) geben gleich trockene Hölzer nicht auch gleiche Wärmemengen, oder ein beliebig großer Würfel trockenen Pappelholzes gibt nicht dieselbe Hitze als ein gleich großer Würfel Nußbaumholzes von derselben Trockenheit. Hier entscheidet die Dichtigkeit der verschiedenen Holzarten oder das Gewicht gleich großer räumlicher Massen. Je dichter die Holzart ist, oder je mehr ein Cubikfuß trockenes Holz wiegt, um so größer ist seine Heizkraft und sein Wärmestoffwerth. In welcher Reihenfolge unsere deutschen Waldbaumhölzer hinsichtlich ihrer Heizkraft aber auf einander kommen, läßt sich aus obiger Zusammen-

stellung ersehen, in welcher das Gewicht eines Cubikfußes trocknen Holzes angegeben ist.

Das Holz ein und derselben Art ist um so dichter, je älter es ist, und so kam es, daß bei einem Versuche hundertjähriges Fohrenholz beinahe um die Hälfte mehr Hitze als dreißigjähriges gab.

Mit dieser Verschiedenheit der Dichtigkeit der Hölzer hängt auch die verschiedene Art ihrer Verbrennung zusammen, so daß sie nicht alle gleich brauchbar zu allen Arten von Arbeiten sind. Die dichten, schweren Hölzer brennen nur an ihrer Oberfläche; die sich in das Innere fortpflanzende Wärme entwickelt brennbare Gase, und so wie diese verbrannt sind, bleibt nur eine dichte Kohle zurück, die langsam glühend ohne Flamme verbrennt. Die leichten, minder dichten Holzarten verbrennen weit rascher, weil ihr mehr lockerer Zustand der Luft leichteren Eingang gestattet und weil sie in der Wärme zerreißen. Der größte Theil der Kohle, welche sie enthalten, verbrennt zugleich mit den brennbaren Gasen und es bleibt nur wenig Kohle zurück, wenn frische Luft ungehindert zuströmen kann. Uebrigens geben diese Hölzer auch fast während der ganzen Dauer ihrer Verbrennung eine helle Flamme.

Diese Verschiedenheit zwischen den beiden Holzarten nimmt ab, je kleiner die Scheiter werden, wie leicht einzusehen ist. Ueberhaupt aber kann die Zertheilung des Holzes in kleinere Stücke zur Vermehrung seiner Heizkraft nicht genug empfohlen werden. In je kleinere Stücke das Holz gespalten wird, mit um so mehr Punkten kommt die Flamme in Berührung und eine um so kleinere Luftmenge entgeht der Wirkung des Brennmaterials. Viele sind freilich der irrigen Ansicht, als würde, weil klein gemachtes Holz schneller als größeres und dickeres von gleichem körperlichen Inhalte verbrennt, dadurch eher eine Verschwendung als eine Ersparniß herbeigeführt; allein mehrfache Versuche bestättigten, daß $^2/_3$ Klafter zerkleinertes, trockenes Holz von 8 bis 9 Zoll langen Stäbchen eben so viel Hitze gaben, als eine ganze Klafter grob gespaltenes Holz derselben Gattung. Durch diese Verkleinerung des Holzes, die übrigens bei hartem Holze noch weiter getrieben werden muß, als beim weichen, erfolgt auch ein schnelleres und besseres Austrocknen desselben, wodurch gleichfalls dessen Heizkraft vermehrt wird. In vielen Fällen, wo man nur eine geringe Temperatur nöthig hat, bedient man sich des klein gespaltenen Holzes in keiner Weise, weil mit solchem die Verbrennung zu rasch erfolgt; in anderen dagegen, wie z. B. bei der Bereitung des Glases, beim Brennen des Porzellans u. s. w., wo es gilt, eine

sehr rasche Temperatur hervorzubringen, erreicht man dieß durch sehr klein gespaltenes, trockenes Holz.

Mit der Reihenfolge der Heizkraft der Hölzer wäre auch die Reihenfolge ihres Werthes als Brennholz angegeben, wenn wir dieselben von gleichem räumlichen Inhalt gemessen erhalten könnten. Da dem aber nicht so ist und beim Aufschichten nach der bekannten Meßart mehr oder weniger hohle Zwischenräume entstehen, je nachdem das Holz mehr oder minder astig oder schiefgewachsen ist oder aus größeren Scheitern besteht, so hat man erst den Cubikinhalt der reinen Holzmasse einer Klafter Holz zu bestimmen und erst aus diesem Inhalte und der Heizkraft des Holzes dessen Brennwerth zu berechnen. Bezugs dieser leeren Zwischenräume des Holzes hat man nun durch vielfache Versuche ermittelt, daß eine bayerische Klafter, welche 126 Cubikfuß Raum enthält, bei sorgfältig geschichtetem geradstämmigen Scheiterholz $1/5$ ihres Inhaltes Zwischenräume, also nur 100 Cubikfuß wahre Holzmasse hat. Knotiges oder schiefstämmiges Holz aber hat $1/4$ und Prügelholz die Hälfte seines Inhalts leere Zwischenräume. Bei der Vergleichung der verschiedenen Brennmaterialien wird später die Reihenfolge des Werthes der einzelnen Hölzer der Klafter nach angegeben.

Die Holzkohlen.

Durch welche Verbrennungsart auch die Kohle erhalten worden ist, stets behält sie die Bauart des Holzes bei, ist weit leichter als dieses, hat einen Klang und wird, wenn sie rein und gut ist, selbst beim stärksten Zuströmen der atmosphärischen Luft, nie mit Flamme brennen. Hinsichtlich der übrigen Eigenschaften sind die Kohlen nach der Art ihrer Gewinnung und nach der Beschaffenheit des Holzes, aus welchem sie dargestellt sind, verschieden. Stets aber entwickelt sich beim Verbrennen der vollkommen verkohlten Holzkohlen Kohlensäure, ein farb- und geruchloses, zum Athmen untaugliches Gas, und eine gewisse Menge Wasserdämpfe, die in der Wasserstoffmenge, welche die Holzkohlen enthalten, ihren Grund haben.

Dem Raum nach erhält man in den guten Köhlereien aus 100 Cubikfuß Holz 80 bis 90 Cubikfuß Kohlen und dem Gewichte nach aus 100 Pfund Holz gewöhnlich nicht mehr als 30 Pfund Kohlen. Die Heizkraft der Kohlen, ist wie bei dem Holze, bei allen gleich groß, d. h. 10 Pfund Kohlen vom Nußbaumholze geben dieselbe Hitze als 10 Pfund Kohlen von der Fichte. Bezugs der Dichtigkeit der Kohlen aber und des Gewichtes ein und derselben gleich großen Kohlenmasse findet eine große

Verschiedenheit zwischen den Hölzern statt. Nach beiden richtet sich aber der Werth der verschiedenen Kohlen bei gleichem räumlichen Inhalte, welcher für einzelne Kohlenarten etwa folgendermassen sich gestaltet. Nimmt man den Werth eines Fasses Kohlen vom Nußbaum zu 60 Xr. an, so ist dasselbe Faß Kohlen vom Ahornbaum 42 Xr., von der Eiche 38 Xr. und von der Fichte nur 28 Xr. werth. Bezugs der Heizkraft des Holzes stellt sich durch vielfache Versuche heraus, daß ein Pfund gute Holzkohlen mehr denn zweimal so viel Hitze gibt als ein Pfund durch künstliche Mittel ausgetrocknetes, und dreimal so viel als ein 10 bis 12 Monate nach dem Schlage verbrauchtes Holz.

Die Stein- und Braunkohlen.

Von allen Brennmaterialien sind beide Kohlenarten am häufigsten auf der Erdoberfläche verbreitet und werden auch am meisten angewendet, denn fast alle Hüttenwerke in Großbritannien und ein großer Theil der in Frankreich, am Rhein, in Schlesien u. s. w. vorhandenen werden mit Steinkohlen betrieben, und wie bedeutend ist nicht ihre Verwendung bei den Dampfmaschinen, in dem Fabrik- und Gewerbswesen überhaupt und zum häuslichen Gebrauch. Sie sind braun und schwarz von Farbe, haben Fettglanz, bituminösen Geruch, eine geringe Härte und sind $^5/_4$ bis $1^1/_2$mal so schwer als das Wasser. Ihre hauptsächlichsten Bestandtheile sind Kohle, Bitumen und flüchtige Oele; außerdem enthalten sie auch geringe Mengen von Eisenoxyd und Schwefeleisen, von schwefelsaurem Kalk und Thon, von Kieselerde u. s. w., welche Substanzen jedoch alle in sehr verschiedenen Verhältnissen vorkommen. Bei ihrer Verbrennung bilden sich Wasserdämpfe, Kohlensäure, etwas Schwefelsäure und sehr wenig Stickstoff. Da aber die Verbrennung selten vollkommen ist, so entwickelt sich unter Anderem auch Rauch, welcher sehr zertheilten Kohlenstoff und flüchtiges Oel enthält. Man theilt sie hinsichtlich ihres Gebrauchs als Brennmaterial in drei Hauptarten ein, in Back- Sand- und Sinterkohlen. Erstere sind leicht zerreiblich, brennen sehr leicht und zwar mit einer weißen Flamme, blähen sich im Feuer auf und backen leicht zusammen, wodurch beim Verbrennen auf dem Roste die Unbequemlichkeit entsteht, daß man sie oft zerschlagen muß, um der Luft Zutritt zu verschaffen. Die Sandkohlen sind dichter als die Backkohlen, haben eine minder dunkle, schwarze Farbe, die sich dem Eisengrauen nähert, und brennen schwieriger, ohne zu backen und zwar mit bläulicher Flamme. Die Sinterkohlen endlich haben eine etwas gräuliche und matt schwarze Farbe, sind fest und dicht, dabei leicht und

lassen sich schneiden und poliren. Sie brennen leicht und zwar mit einer weißen, langen, lichtähnlichen Flamme.

Die Wärmemenge, welche die Steinkohlen bei ihrer Verbrennung entwickeln, ist natürlich nach ihrer Zusammensetzung verschieden. Im Allgemeinen geben diejenigen die meiste Wärme, welche den meisten Kohlenstoff enthalten, zur Zersetzung also viel Sauerstoff erfordern. Dagegen nimmt aber die Entzündbarkeit dieser Kohlen ab und sie bedürfen zum Verbrennen eines starken Luftstroms. Dadurch sowohl, als durch den Umstand, daß eine an Sauer- und Wasserstoff sehr arme Kohle nur wenig Flamme gibt, wird der erste Vortheil so aufgehoben, daß man diesen Kohlen, Sandkohlen genant, die beiden anderen Steinkohlenarten, die Sinter- und Backkohlen, welche weniger Heizkraft als jene besitzen, in allen den Fällen vorzieht, wo die Erhitzung durch brennende Luftarten oder durch Flamme bewirkt werden soll. Nur in den Fällen, wo die Kohle mit dem zu glühenden oder zu schmelzenden Körper in unmittelbare Berührung kommt, leisten die Sandkohlen vortreffliche Dienste. Dasselbe ist auch für Flammenfeuerungen der Fall, wenn man sie mit Backkohlen von großem Kohlenstoffgehalte vermengt. Letztere Kohle ist zu allen häuslichen Feuerungen und zu allen, bei welchen der Grad der Siedhitze des Wassers nicht bedeutend überschritten werden darf, besonders geeignet. Die Sinterkohle mit einem geringeren Kohlengehalt ist aber eine ganz vorzügliche Kohle, um schnelle und zugleich anhaltende Hitze zu entwickeln. Bezugs der Heizkraft des Holzes stellt sich heraus, daß bei gleichem Gewichte die besten Steinkohlen 2mal, schlechtere nur 1½mal so viel Hitze entwickeln, als gut ausgedrocknetes Holz.

Ueber die Entstehung der Steinkohlen hat man verschiedene Meinungen aufgestellt, unter denen wohl diese die größte Wahrscheinlichkeit für sich hat, daß sie nämlich aus Hölzern und anderen Pflanzenstoffen bestehen, welche sich durch einen eigenthümlichen, inneren Gährungsprozeß umgewandelt haben und vom Wasser herbei geführt wurden. Dafür sprechen unter Anderem der in den Steinkohlen noch erkennbare Bau des Holzes, dann die in ihnen vorkommenden versteinerten Hölzer und die Abdrücke von Schilf und anderen Pflanzen in dem Schieferthon, der die Steinkohlen begleitet.

Die Koaks.

Diese sind nichts anderes als Steinkohlen, denen das gewöhnlich in ihnen enthaltene flüchtige Oel und Bitumen entzogen ist. Man nennt

daher den Verkoakungsprozeß mit Unrecht das Abschwefeln. Die Koaks bestehen fast lediglich aus Kohle und den erdigen Substanzen der Steinkohlen, aus denen sie bereitet sind. Sie brennen fast ganz ohne Flamme und ihre Verbrennung wird nur dann erhalten, wenn sie in großer Menge in einem geschlossenen Heerde befindlich sind. In freier Luft erlöschen sie, wie dieß auch bei unseren Holzkohlen der Fall ist, welche zerstreut umher liegen, weil sie in einer gegebenen Zeit mehr Wärme durch Ausstrahlung verlieren, als durch ihr Verbrennen sich entwickelt.

Dem Gewichte nach erhält man aus 100 Pfund Steinkohlen zwischen 50 und 80 Pfund Koaks, je nach der Beschaffenheit der Kohlen; dem räumlichen Inhalte nach aber rechnet man gewöhnlich eben so viel Koaks als Steinkohlen, oder ein Metzen Steinkohlen gibt wieder einen Metzen Koaks; indeß geben die Backkohlen gewöhnlich etwa den zwanzigsten bis sechsten Theil mehr, die Sinter- und Sandkohlen den hundertsten bis zehnten Theil weniger, als das Maaß der Steinkohlen betrug. Ist das Koaks vollkommen, so hat es weder Fett- noch Glasglanz, sondern das Ansehen matt gesottenen Silbers und besitzt dabei nur einen schwachen Glanz, etwa wie Seide. Seine Farbe ist nie eisenschwarz, sondern viel lichter, zuweilen ist die Bruchfläche auch mit bunten Farben angelaufen. Von den Holzkohlen unterscheiden sich die Koaks nur dadurch, daß sie aus einem dichteren, mechanischen Gefüge bestehen, im Uebrigen haben sie dieselben Bestandtheile. Auch ihnen ist wie den Holzkohlen die Nässe sehr nachtheilig und haben sie den fünften Theil ihres Gewichtes an Wasser aufgenommen, so werden sie dadurch sehr schwer verbrennlich und geben dann auch nur eine schwache Hitze. Der Hitzgrad, den sie entwickeln, richtet sich übrigens bei gleichem räumlichen Inhalt nach ihrer Härte und Dichtigkeit, wie bei den Holzarten; bei gleichem Gewichte fällt aber jederzeit die größere Heizkraft auf die Seite der leichteren und lockeren Koaks. Im Vergleich ihrer Heizkraft mit der der Holzkohlen ergibt sich, daß bei gleichen Gewichten die Koaks ohngefähr den zehnten Theil weniger Hitze geben als die Holzkohlen.

Der Torf.

Also nennt man die aus innig durch einander verwebten und zusammengepreßten Pflanzentheilen bestehende, von Erdharz durchdrungene, erdige Substanz, welche angezündet mit mehr oder weniger lebhafter Flamme brennt, darauf längere Zeit glüht und sich in Kohle verwandelt, wobei zugleich eine größere oder kleinere Menge von Erde und Sand als Rück-

stand bleibt. Er ist sowohl in seinen Eigenschaften und Wirkungen als Brennmaterial, als auch in seinen Gemengtheilen ungemein verschieden, und diese Verschiedenheit richtet sich weniger nach der der Pflanzen, denen er seine Entstehung verdankt, als nach dem Lockerheitszustande der Pflanzenfaser, nach dem Grad der Veränderung, den diese durch den Gährungsproceß erlitten hat und vorzüglich nach der größeren oder geringeren Verunreinigung mit dem Boden, auf welchem die Pflanzen, welche das Material zum Torfe hergeben, gewachsen sind. Daraus ist ersichtlich, daß die Brennbarkeit des Torfes und seine Wirksamkeit beim Verbrennen ungemein verschieden seyn muß. In Deutschland wird vorzüglich der sogenannte Moor- oder Morasttorf als Brennmaterial angewendet, dessen Güte mit der Tiefe, in welcher er gewonnen wird, zunimmt. Der von der Oberfläche ist locker und besteht aus kaum zersetzten Pflanzen; je tiefer man aber in die Torfschicht dringt, desto dichter und schwärzer wird er und um so mehr sind die ihn bildenden organischen Reste verändert. In den untersten Schichten endlich kann man die Spuren der Pflanzenreste in ihm kaum mehr nachweisen.

Man kann sich des reinen Torfs bei allen Flammenfeuern mit dem besten Erfolge bedienen und darf wohl im Allgemeinen annehmen, daß die Heizkraft eines guten Torfs die Hälfte von der der Steinkohlen beträgt, oder daß zwei Centner guter Torf eben so viel Hitze geben als zwei Centner Steinkohlen. Völlige Trockenheit des Torfs ist bei der Anwendung desselben die erste Bedingung. Durch dieses Trocknen zieht er sich aber auch auf das Drittel seiner räumlichen Ausdehnung zusammen. Der Torf brennt langsam und gibt daher keine eindringende Hitze; dabei entwickelt er zugleich einen stechenden und unangenehmen Geruch, der seinem Gebrauch als Brennmaterial in den Wohnungen nicht selten im Wege steht.

Die Torfkohlen.

Sie entstehen, wie ihr Name sagt, aus dem Torfe, der in Oefen, in Gruben oder in Meilern verkohlt wird. Deßhalb ist auch die Wärmemenge, welche sie bei ihrer Verbrennung entwickeln, gerade so verschieden, wie die des Torfes; man muß jedoch annehmen, daß sie dieselbe Hitze reichen, wie die reine Kohle, welche sie enthalten. Nimmt man gleiche Gewichte trockenes Holz und Torfkohlen, so erhält man im Allgemeinen $1^7/_9$mal mehr Hitze aus den Kohlen, als aus dem Holze, und 3 Metzen Torfkohlen geben neueren Versuchen zufolge dieselbe Wärmemenge als ein Metzen buchene Kohlen.

Die Lohkuchen und Tannenzapfen.

Man bezeichnet mit ersterer Benennung die ausgelaugte Lohe, welche man in Formen stampft und trocknet. Ganz frei von Wasser werden sie immerhin nicht, weßhalb sie auch nur langsam brennen und höchstens bei gleichem Gewichte halb so viel Wärme als ausgetrocknetes Holz geben. In Gegenden und Städten, wo die anderen Brennmaterialien sehr theuer sind, haben sie dennoch Werth. Ein Gleiches gilt von den Tannenzapfen, die gut ausgetrocknet fast halb so viel Hitze geben als Tannenholz von gleichem Gewichte.

Vergleichen wir nun die verschiedenen Brennmaterialien mit einander hinsichtlich der Wärmemengen, welche sie entwickeln, so kann dieß in dreierlei Art geschehen, einmal bei gleichem Gewichte, dann bei gleichem räumlichen Inhalte und endlich bei gleichem Gemäße, bei welch letzterer Art der Vergleichung die bei den verschiedenen Holzarten größer oder kleiner sich ergebenden, leeren Zwischenräume in Betracht gezogen sind. Hinsichtlich der durch gleiches Gewicht Brennmaterial entwickelten Wärmemenge, bei deren Ermittlung die Temperaturerhöhung des Wassers durch ein gleiches Gewicht Brennmaterial als vergleichbares Maaß diente, folgen die Brennstoffe also auf einander:

Bezeichnet man die Menge der aus einem Pfund Holzkohle entwickelten Wärme mit der Zahl 73, so kommt

auf ein Pfund	gute Koaks	die Zahl	65,
„ „ „	Torfkohlen	„ „	64,
„ „ „	Steinkohlen	„ „	60,
„ „ „	vollkommen trocknes Holz	„ „	35,
„ „ „	guten Torf	„ „	30,
„ „ „	gewöhnlich trocknes Holz	„ „	26.

Bezugs der durch gleichen räumlichen Inhalt der Brennmaterialien entwickelten Wärmemenge findet aber folgende Reihenfolge statt:

Bezeichnet man die Wärmemenge eines Cubikfußes Nußbaumholz mit der Zahl 100, so trifft

auf einen Cubikfuß	Eichenholz	die Zahl	86,
„ „ „ „	Eschenholz	„ „	77,
„ „ „ „	Weißbuchenholz	„ „	65,
„ „ „ „	Ulmenholz	„ „	58,
„ „ „ „	Birkenholz	„ „	48,
„ „ „ „	Kastanienbaumholz	„ „	52,
„ „ „ „	Rothbuchenholz	„ „	65,

auf einen Cubikfuß	Fichtenholz	die Zahl	54,
„ „ „ „	ital. Pappelholz	„ „	40,

Endlich reihen sich rücksichtlich der durch gleiches übliches Gemäß erregten Hitzkraft die Brennmaterialen also an einander:

Bezeichnet man die von einer Klafter Nußbaumholze vom jährigen Schlag entwickelte Wärmemenge mit 100 so erhält

eine Klafter	Eichenholz	die Zahl	88,
„ „	Eschenholz	„ „	78,
„ „	Weißbuchenholz	„ „	73,
„ „	Ulmenholz	„ „	58,
„ „	Birkenholz	„ „	53,
„ „	Kastanienbaumholz	„ „	52,
„ „	Rothbuchenholz	„ „	73,
„ „	Fichtenholz	„ „	55,
„ „	ital. Pappelholz	„ „	40.

Die Bestimmung der letzteren Zahlen, die von den obigen nicht viel verschieden sind, kann nur als annähernd gegeben werden. Man muß an jedem Orte das Gewicht des Gemäßes der Brennmaterialen durch öftere Versuche unmittelbar bestimmen; dann wird die dem Gewichte nach berechnete Heizkraft der Brennmaterialien die Wärmemenge angeben, welche in einem und demselben Gemäße, z. B. in einer Klafter, enthalten ist. Nach dieser aber bestimmt sich der Werth der einzelnen Brennhölzer.

Die Wahl des Brennmaterials selbst hängt davon ab, wie die Wärme wirken soll und wie die größte Menge durch den kleinsten Preis zu ermitteln ist. Will man eine sehr bedeutend hohe Temperatur von großer Ausdehnung und in großer Entfernung vom Heerde hervorbringen, so ist das Holz das vortheilhafteste Brennmaterial, da es eine große Flamme und wenig Kohle gibt, was besonders von den weichen Holzarten gilt. Soll dagegen die Temperatur, obgleich hoch, nur in geringer Entfernung vom Heerde wirken, so können gleich gut Holz und Steinkohlen, so wie auch Torf angewendet werden. Muß aber die Temperatur sehr hoch sein und soll sie sich in dem Heerde selbst zeigen, wie bei der Schmelzung der Metalle, so haben die Steinkohlen, die Koaks und die Holzkohlen den Vorzug; Holz, Torf und Torfkohlen können dazu nicht angewendet werden. Braucht die Hitze nicht sehr stark zu sein und nur in geringer Entfernung von dem Heerde zu wirken, so kann man alle Brennmaterialen anwenden und ihre Wahl hängt größtentheils von dem Preise der Maaße ab, die gleiche Heizkraft haben.

In dem Vorhergehenden haben wir die Erwärmung der Luft oder die Heizung durch die Verbrennung kennen gelernt. Allein diese kann noch auf drei verschiedene Arten erfolgen, nämlich durch erwärmte Luft, durch erwärmtes Wasser und durch entwickelte Dämpfe. Von den beiden ersten Arten wollen wir nun das Geeignete in der Kürze hier anführen und bei der Lehre von den Dämpfen, die alsbald folgt, ihre Anwendung zum Heizen nicht unerwähnt lassen.

Die Heizung mit erwärmter Luft besteht im Wesentlichen darin, daß man hohle Behälter, sei es durch Heizung von Außen, oder durch Oefen und Heizröhren, welche man im Innern derselben anbringt, erhitzt und daß man durch Oeffnungen in dem untersten Theile dieser Luftbehälter der kältern Luft den Eintritt gestattet, welche sich darin erwärmt und vermöge ihrer Ausdehnung und verminderten Dichtigkeit in die Höhe steigt, um durch Oeffnungen oder Kanäle, welche von der höchsten Stelle ausgehen, in die Räume auszuströmen, welche geheizt werden sollen. Die Erfindung dieser Heizart ist sehr alt, denn sie zeigt sich schon in Gebäuden, welche im dreizehnten Jahrhundert erbaut wurden; allein sie war lange nicht im Gebrauch und wurde in den neuesten Zeiten zuerst in England wieder in Anwendung gebracht. Für kleinere Privatwohnungen bietet sie keine Vortheile, und namentlich ist damit kein Ersparniß an Holz verbunden; größeren Privathäusern mag sie sich dennoch empfehlen, da die Ofenheizung immer manche Unbequemlichkeiten mit sich bringt und die Ordnung und Reinlichkeit im Hause beeinträchtigt.

Auf der Ausdehnung des Wassers durch die Wärme beruht die Heizung von Gebäuden durch Röhren, welche mit Wasser angefüllt sind und vom Heizraume aus in ununterbrochener Folge durch das ganze Gebäude hindurch gehen. Das im Heizraum durch Feuer erhitzte Wasser steigt allmählig von Unten in die in den obern Gemächern befindlichen Röhren, während das kalte Wasser hinabsinkt, um seinerseits erwärmt zu werden. Das warme Wasser kühlt sich nun in den Röhren ab und erwärmt folglich die Luft der Umgebung, und da das Wasser eine große eigenthümliche Wärme hat, so kann ein geringes Gewicht von ihm einer großen Menge Luft Wärme mittheilen. Jedoch ist diese Art zu Heizen keineswegs einer der beiden genannten, noch der später zu erwähnenden Dampfheizung vorzuziehen.

So viel über die Beantwortung der Frage: wie bei dem stets sich mehrenden Mangel an Brennmaterialien durch den Verbrauch von so wenig Brennmaterial als möglich die größtmöglichste Menge von Wärme entwickelt

werden könne, und nun wollen wir noch der Beantwortung derselben Frage gedenken, wie sie in Bezug auf das uns nöthige, künstliche Licht aufgestellt werden kann.

Da das Flammfeuer der Luft eine größere Oberfläche darbietet als das Glimmfeuer, mithin weit mehr Theile gleichzeitig verbrennen, so wird bei ersterem viel mehr Licht zugleich entwickelt, und deshalb werden nur Flammen zur Beleuchtung angewendet. Vorzüglich benutzt man hiezu die Oele, deren Mischung mit sich bringt, daß bei der dem Brennen vorangehenden Entbindung des Wasserstoffes viel Kohlenstoff mit verflüchtigt wird und viel Oelgas sich bildet. Wie nun das Brennen der Flamme vor sich geht, haben wir im Vorhergehenden bereits kennen gelernt. Hier handelt es sich nur darum, diejenigen Flammfeuer kennen zu lernen, wo die Verbrennung der Brennmaterialien am vollkommensten vor sich geht und durch die geringsten Kosten die bestmöglichste Beleuchtung hergestellt wird.

Da die Mitte der Flamme, wie wir gesehen haben, nicht leuchtet und dieß aus Mangel an Sauerstoff, so begreift man leicht, wie viel gewonnen wird, wenn man einen Luftstrom in der Mitte der Flamme hinauf gehen läßt. Dieß suchte man Anfangs dadurch zu erreichen, daß man sich bandförmiger Dochte statt der runden bediente, wodurch die Oberfläche des Flammenkegels ungemein vergrößert wurde. Allein diese Flammen leuchten nur mit der breiten Seite stark, nicht aber in der Richtung der oberen Schneide.

Bald darauf aber machte Argand (1783) seine große Verbesserung der Lampen durch seinen Röhrendocht bekannt, wodurch nicht nur der Luftzug in dem sehr stark erhitzten inneren Raum der Flamme sehr befördert, sondern durch diese Erhitzung auch schon an sich das vollständige Verbrennen der aus dem Oele entwickelten Luftarten möglich gemacht wird. Der Vortheil, den jener innere Luftzug gewährt, wird noch vermehrt, wenn man eine gläserne, unten und oben offene Röhre die Flamme umgeben läßt. Diese Röhre, gleichsam der Schornstein der Lampe, befördert, indem sie selbst erhitzt wird, den raschen Zutritt des Sauerstoffgases und nöthigt den hinaufgehenden Luftstrom sich nahe an der Flamme hin zu drängen und sie möglichst vollkommen mit Sauerstoff zu nähren. Und so ist es wohl einleuchtend, warum diese Argandschen Lampen eine viel hellere Flamme und eine gesteigerte Hitze geben, da alles Brennbare fast gänzlich verzehrt wird, so daß sich oberhalb der Flamme gar kein Rauch findet und nur Wasserdampf und kohlensaures Gas beim Verbrennen unsichtbar sich bilden. Sobald die Glasröhre abgenommen wird oder die Zuglöcher zugehalten werden, ist das Verbrennen sogleich wieder unvollkommen, die Flamme gibt

einen unangenehmen Rauch von sich, erwärmt und leuchtet weniger und setzt viel Kohle im Innern vom Dochte ab, weil aus Mangel an einer hinreichenden Menge Sauerstoff viele Theile unverbrannt entweichen. Jedoch darf die Röhre nicht allzu lange seyn, damit der Luftzug nicht zu rasch vor sich geht. Ein Uebermaaß von Luft, das der Flamme zugeführt wird, vermindert nicht selten die Hitze und das Licht der Flamme, indem die heißen Gase durch den Strom kalter Luft zu sehr abgekühlt werden.

Graf Rumford in München hat die Vervollkommnung der Lampen dadurch zu erreichen gesucht, daß er die Lampen vielflammig machte oder mehrere bandförmige Dochte in angemessener Entfernung neben einander anbrachte. Diese platten Dochte verstärken, indem sie zugleich brennen, den Luftzug und die entstandene Hitze beschleunigt die Zersetzung aller brennbaren Bestandtheile so sehr, daß das Licht noch viel stärker ist, als bei der einfachen Argand'schen Lampe. Rumford gibt von seiner Lampe mit vier platten, einen Zoll breiten Dochten an, daß sie mehr Licht als sechs, sehr schön brennende Argand'schen Lampen gab und bei ihrem vollkommensten Glanze die Stelle von 40 gleichsam in einem Punkte vereinigten Wachslichtern vertrat. Dabei ist dann freilich auch der Aufwand an Oel größer, aber doch lange nicht so groß, als die Größe des Lichts zu fordern scheint.

Unvollständiger als bei den Lampen erfolgt die Verbrennung in unseren Talg- und Wachslichtern, was man an ihrem größeren, hellblauen, weniger leuchtenden äußeren Saum bemerkt. Man sucht bei ihnen neuerer Zeit zwar auch bandförmige oder selbst röhrenförmig geflochtene Dochte anzuwenden, jedoch mit weniger gutem Erfolg als bei den Lampen. Daß man übrigens das bei den Talglichtern übliche Putzen bei den Wachslichtern nicht nöthig hat, kommt davon her, daß bei der Verbindung der Bestandtheile des Wachses mit dem Sauerstoffe der Luft eine weit größere Hitze erzeugt wird, als bei dem Talg, bei den Wachslichtern daher der ganze Kohlengehalt des Dochtes verbrannt, d. h. in Kohlensäure verwandelt wird, während bei den Talglichtern sich noch unverbrannte Kohle aus dem Talge an dem Dochte absetzt.

Die Bemerkung, daß es die aus dem brennbaren Körper entweichenden Luftarten sind, welche die Flamme hervorbringen, leitete schon vor längerer Zeit darauf hin, das Holz in geschlossenen Räumen der Hitze und so der Verkohlung auszusetzen, um die dabei entweichenden brennbaren Luftarten zur Beleuchtung gehörig benützen zu können. Die ersten Versuche fielen mangelhaft aus, bis es endlich Winsor gelang, sowohl das aus Steinkohlen, als das aus Oelen und Thran entwickelte Gas zur Be-

leuchtung vortheilhaft anzuwenden. Man leitet das Gas von dem verschlossenen Gefäße aus, in welchem dasselbe entwickelt wird, durch Röhren zu den Punkten hin, wo man eine Flamme wünscht, läßt es hier aus einer Oeffnung hervordringen und zündet es mit einem brennenden Körper an, so daß man nach Verschiedenheit der Oeffnung größere oder kleinere Flammen erhält.

Die durch Zersetzung der Steinkohlen erzeugten Gase geben ein weit schöneres Licht als die Steinkohlen selbst, weil sie von den übrigen Stoffen, die beim Verbrennen der Steinkohlen mit entbunden werden, schon gereinigt sind. Dasselbe findet beim Oele statt, dessen Gas dem aus Steinkohlen entwickelten theils seiner größeren Schönheit beim Verbrennen, theils seiner Wohlfeilheit halber vorzuziehen ist, wenn die Steinkohlen nur einen mäßig hohen Preis haben. Man kann zur Oelgasbereitung nämlich selbst schlechtes Oel, auch Thran anwenden, da die übeln Gerüche ohnehin durch Reinigen der Gasarten weggeschafft werden müssen. Uebrigens wird das Oel als Gas mit mehr Vortheil als selbst in der Argand'schen Lampe verwendet, und man kann annehmen, daß die durch gleichem Aufwand von Oel hervorgebrachte Erleuchtung bei der Lampe um den vierten Theil geringer ist als beim Gase. Immerhin macht aber die Anschaffung und Besorgung der zur Gaserleuchtung nöthigen Apparate deren Anwendung nur im Großen räthlich.

Schließlich sei noch der Lampe ohne Flamme oder des sogenannten philosophischen Lichtes, auch Davys Glühlämpchen genannt, gedacht, das man unter Umständen als Nachtlicht gebrauchen kann. Man umgiebt den Docht einer Weingeistlampe mit einem dünnen, spiralförmig gewundenen Platindraht und zündet die Lampe an, wodurch der Docht glühend wird. Setzt man nun einen Augenblick eine blecherne Kappe auf die Lampe, nimmt sie aber sofort wieder ab, so ist dadurch der Docht ausgelöscht, der Platindraht fährt aber fort zu glühen, so lange noch Alkohol verdunstet. Der glühende Platindraht zersetzt nämlich die Alkoholdämpfe, deren Bestandtheile mit dem Sauerstoffe der Luft gasförmige Verbindungen eingehen, durch welche wieder Wärme genug erzeugt wird, den Platindraht glühend zu erhalten.

B. Wie der Mensch sich des Einflusses der Wärme bemeistert und die Wärme gehörig verwendet Bezugs der unorganischen Natur in den Gewerben.

Die zwei namhaftesten Wirkungsarten der Wärme bestehen, wie wir bereits schon öfters erwähnten, darin, einmal, daß sie den Rauminhalt der Körper ändert und zwar durch ihren Zutritt vergrößert, durch ihren Rücktritt verkleinert, und dann, daß sie zweitens die Zustände der Körper bedingt in welchen sie in der Natur vorkommen, ob fest, oder tropfbar flüssig, oder luftförmig, was man mit dem Worte Aggregatszustände bezeichnet. Dieser Wirkungen der Wärme sucht nun der Mensch sich einestheils vortheilhaft zu bedienen, anderntheils sucht er ihnen da, wo sie seinen Zwecken nicht entsprechen, kräftig zu begegnen.

Von der fast möchte man sagen unwiderstehlichen Gewalt, mit welcher die festen Körper durch Erwärmung sich ausdehnen und durch Abkühlung sich zusammen ziehen, hat man allerlei nützliche Anwendungen gemacht. In Paris hat man zwei gegenüber stehende Mauern eines großen städtischen Gebäudes, welche durch die ungeheure Last, die sie zu tragen hatten, aus einander gewichen waren, durch die Kraft der Zusammenziehung mittelst Abkühlung wieder in ihre senkrechte Stellung zurückgeführt. Man steckte nämlich durch beide Mauern große eiserne Stangen und erwärmte diese durch Weingeistlampen und Kohlbecken. Nachdem die Stangen möglichst heiß gemacht waren und sich sehr merklich ausgedehnt hatten, wurden eiserne Klammern an der Aussenseite auf die Stangen so geschraubt, daß sie dicht an die Mauern anschlossen und keine rückgängige Bewegung machen konnten, vielmehr die Mauern bei Abkühlung der Stangen nachgeben mußten. Und so gelang es, daß durch die in Folge der Erkaltung eintretende Verkürzung der Stangen die Mauern mittelst dieser Verklammerung in ihre senkrechte Stellung zurückgebracht und, indem man die Stangen zurückließ, in ihr ungeachtet der großen Last, welche sie zu tragen haben, erhalten wurden.

Gleichergestalt kann man zwei große Steine, die ihre senkrechte Stellung verlassen haben und gegen einander zusammen zu stürzen drohen, wieder in ihre gehörige Lage bringen, wenn man zwischen sie gehörigen Orts mehrere starke eiserne Stangen bringt und diese mittelst Kohlbecken und Weingeistlampen in bedeutendem Grade erhitzt. Die Stangen dehnen

sich durch die Wärme merkbar aus, rücken dadurch die beiden Steine oben auseinander, daß sie wieder eine senkrechte Stellung einnehmen, und man hat dann nur durch gehörige Unterlage dafür zu sorgen, daß sie beim Erkalten und Verkürzen der Stangen dieselbe nicht wieder verlieren.

Allein nicht selten steht uns diese Eigenschaft der festen Körper, in der Wärme sich auszudehnen und in der Kälte sich zusammen zu ziehen, im Wege und lehrt uns auf Mittel sinnen, sie zu beseitigen. So erfahren z. B. metallene Röhren, wie sie bei Wasserleitungen oder Gasbeleuchtungen vorkommen, durch den Wechsel der Temperatur bedeutende Aenderungen ihrer Länge und können, wenn es ihnen an Spielraum fehlt, zerbrechen oder auseinander gehen, was man dadurch zu verhindern sucht, daß man das Ende der Röhre, welche in eine weitere hinein paßt, mit einem weichen Metalle, wie Blei, das nachgibt, ohne einen Bruch zu verursachen, umgibt. Die Schienen unserer Eisenbahnen dürfen nicht, zumal wenn sie im Spätjahre gelegt werden, genau zusammenstoßen, sondern müssen durch einen kleinen Zwischenraum von einander getrennt liegen, wenn man nicht das Zerplatzen oder Heben der Bahn in der Sonnenhitze befürchten will. Am meisten macht sich dieser Einfluß aber bei unseren Zeitmessern, den genau gehenden Uhren, bemerklich, seyen dieselben sogenannte Pendel- oder Taschenuhren. Was nun erstere betrifft, so macht das Pendel, jene mit einer kleinen metallenen Scheibe, Linse genannt, versehene dünne Stange, in einer Zeit um so mehr Schwingungen und die Uhr geht um so geschwinder, je näher diese Linse oder vielmehr der in ihr gewöhnlich liegende Schwerpunkt des Pendels (jener Punkt, in welchem das Pendel unterstützt werden muß, wenn es wie eine Waage in Gleichgewicht sich befinden soll) an den Punkt gerückt ist, wo das Pendel aufgehängt ist, und es macht im Gegentheil um so weniger Schwingungen und die Uhr geht um so langsamer, je weiter die Linse vom Aufhängepunkt des Pendels sich entfernt befindet. Da nun die Pendelstange aus den angegebenen Gründen im Winter sich verkürzt, im Sommer sich verlängert, so kann es nicht anders kommen, als daß unsere Pendeluhren im Winter zu früh und im Sommer zu spät gehen. Diesen Uebelstand mußte man nun zu beseitigen suchen und es geschah dieß mit Hülfe der Metalle selbst, ohne daß man sich anderer Materien zu diesen Pendelstangen bediente. Wie wir bereits früher anführten, dehnen sich die Metalle durch gleiche Erhöhung ihrer Temperatur nicht auch um gleich viel aus, sondern die einen mehr, die anderen weniger. Diese Eigenschaft der Metalle macht es nun möglich, der Pendelstange durch Zusammensetzung aus solch verschieden sich ausdehnenden

Metallen eine solche Construktion zu ertheilen, daß durch gleichförmige Ausdehnung oder Verkürzung nach Unten und Oben die Entfernung ihres Aufhängepunktes und Schwerpunktes bei jeder Temperatur dieselbe bleibt. Fig. 12. stellt ein solches Pendel, das seiner Form halber Rostpendel heißt, vor und wenig Worte genügen, uns von seiner Wirkung zu überzeugen. abcd ist ein eiserner Rahmen, der mittelst des eisernen Schaftes Se in S angehängt wird. Das eiserne Pendel iL ist an den kupfernen Rahmen mnou im Pukte i befestigt, dieser aber hängt in m und u mit dem eisernen Rahmen abcd zusammen. Dehnen sich nun die eisernen Stäbe Se, ba, cd, iL nach unten hin aus und würde dadurch die Linse L vom Aufhängepunkte i entfernt, so rücken auch die kupfernen Stangen mn, ou den Aufhängepunkt i höher hinauf, und da wir wissen, daß eine 25 Zoll lange kupferne Stange sich durch Zunahme der Temperatur um eben so viel ausdehnt, als eine 34 Zoll lange, gleich dicke, eiserne, so braucht man nur die drei Eisenstücke Se, ba, iL zusammen 34 Theile eines gewissen Maaßes groß machen, während die kupfernen Stangen mu, so wie uo nur 25 solcher Theile groß sind, und die Entfernung iL wird unter allen Umständen stets dieselbe bleiben. Das Kupfer zieht sich durch gleiche Abnahme der Temperatur in demselben Verhältniß auch stärker zusammen, als es sich durch gleiche Zunahme der Temperatur ausgedehnt hat, rücken daher in der Kälte die eisernen Stangen den Aufhängepunkt i hinauf, so ziehen ihn die sich stärker verkürzenden kupfernen Stangen wieder um so mehr herunter.

Statt der metallenen Pendelstangen bringt man nicht selten solche aus sehr altem, dabei aber gut erhaltenem Holze zur Anwendung, das noch überdieß im Ofen getrocknet, in Oel gesotten und dann überfirnißt, und so gegen allen Einfluß der größeren oder minderen Trockenheit der Luft,, der sich besonders im Krümmen des Holzes geltend macht, gesichert wurde. Und sie leisten bei Weitem mehr als die einfachen metallenen, da solches Holz durch die Temperatur der Luft nur ganz unbedeutende Aenderungen seiner Länge erleidet.

Derselbe unregelmäßige Gang wie bei den Pendeluhren findet auch bei den Taschenuhren statt; auch bei ihnen bemerkt man ein Vorgehen in der Kälte und ein Nachgehen in der Wärme. Der Gang der Uhr, welcher bei den Pendeluhren durch die Schwingungen der Pendelstange geregelt wird, erhält diese Regelung bei den Taschenuhren durch die Schwingungen der sogenannten kreisförmigen Unruhe, und je mehr sich dieser Kreis durch die Wärme erweitert, um so langsamer wird der Gang der Uhr, je mehr er sich durch die Kälte zusammenzieht, um so schneller geht die Uhr. Dasselbe findet statt, wenn man an den messingenen Kreis der Unruhe kleine metallene Körper, soge-

nannte Klötze, anbringt, die vom Mittelpunkte der Unruhe bald weiter, bald weniger weit abstehen. Nun wissen wir aus dem Vorhergehenden, daß, wenn man bei einem gewissen Temperaturgrade zwei Metallstreifen, die sich bei gleicher Zu- oder Abnahme der Temperatur ungleich ausdehnen und zusammenziehen, fest mit einander verbindet, so daß sie eine gerade Linie bilden, diese Streifen bei jeder anderen Temperatur sich krümmen, wobei bei Zunahme der Temperatur das leichter sich ausdehnende Metall sich an der äußeren erhabenen Seite, bei Abnahme an der inneren hohlen Seite befindet. Bringt man nun solche zusammen gelöthete Metallstreifen aus Messing und Stahl auf dem Umfang der Unruhe an und zwar Messing von Außen, Stahl von Innen, so werden sie sich bei Zunahme der Temperatur, da das Messing sich unter übrigens gleichen Umständen fast noch einmal so viel als der Stahl ausdehnt, nach Innen krümmen und so das zu langsame Schwingen des durch die Hitze mehr ausgedehnten Rades ausgleichen, so wie bei Abnahme der Temperatur nach Außen, und dadurch dem zu raschen Gang der Uhr in Folge des kleineren Umfangs der Unruhe Einhalt thun. Man nennt solche Vorrichtungen Compensationen (Ausgleichungen.)

Unsere verschiedenen Maaße, namentlich unsere Maaßstäbe, welche gewöhnlich aus Metallen gefertigt sind, erleiden nach dem nämlichen Gesetze der Wärme eine beständige Aenderung ihrer Größe, und es muß eigentlich immer angegeben werden, für welche Temperatur sie gelten. Würde man mit einem und demselben Maaßstabe eine bedeutende Entfernung messen und das Geschäft des Messens einmal an einem heißen Sommertage, das andermal an einem kalten Wintertage vornehmen, so erhielte man verschiedene Resultate, das erstere viel kleiner als das letztere. Obwohl unsere Normalmaaße gewöhnlich aus Platina gefertigt sind, einem Metalle, das nur geringe Wärmeausdehnung zeigt und durch Luft und Wasser nicht angegriffen wird, so ist es doch zur Erzielung genauer Resultate stets nothwendig, auf dem Maaßstabe zugleich die Temperatur zu bestimmen, für welche er gilt, was wohl stets dieselbe ist, bei welcher er gefertigt wurde.

Werden feste Körper durch Wärme ausgedehnt und läßt man sie langsam erkalten, so kehren ihre Theile bei ungestörtem Zusammenhange wieder in ihre vorige Lage zurück; bei schnellem Erkalten aber entsteht eine ungleiche Spannung der äußeren und inneren Theile und sie werden spröde oder zerspringen. Daher die Sprödigkeit des Glases, besonders des zu schnell abgekühlten, und das Springen der Talg- und Wachskerzen. Nur

sehr langsames Abkühlen des Glases in Kühlöfen und der Wachskerzen in schlechten Wärmeleitern vermindert jenen Fehler. Oefters jedoch benützt man den plötzlichen Uebergang von Gluth zu Kälte bei minder spröden Körpern, um sie in Staub zu zerreißen, oder zu pulverisiren. So wird Quarz durch Glühen und Ablöschen in kaltem Wasser, also durch Ausdehnung und schnelle Zusammenziehung, zur Bereitung des Krystallglases in kleine Stücke zertheilt, der Feuerstein zur Masse des englischen Steinguts, der Demant selbst zum Demantbrod.

Einige Körper von großer Zähigkeit büßen beim plötzlichen Erkalten die Verschiebbarkeit der Theile ein und gewinnen dafür an Härte, indem sie sich krystallinisch bilden, wie z. B. Stahl, Hartzinn, Letternblei und andere. Das Härten des Stahls durch Rothglühen und Ablöschen in kaltem Wasser ist ein krystallinisches Erstarren, das mehr oder weniger immer ungleiche Spannung und Sprödigkeit im Gefolge hat, welche man dadurch zu verbessern sucht, daß man den Stahl durch Nachlassen, d. h. durch geringere Erhitzung, um einige Grade der Härte zurück führt.

Mehr noch als die festen Körper werden die tropfbar flüssigen durch die Wärme ausgedehnt und deßhalb bringt man mit Vortheil beim Erhitzen von Flüssigkeiten die Wärmequelle stets am Boden des Gefäßes an, indem auf diese Weise das unmittelbar erwärmte, ausgedehnte und deßhalb leichtere Wasser in die Höhe steigt und dabei den Wasserschichten, durch die es hindurch geht, Wärme mittheilt. Auch die Heitzung von Gebäuden durch mit Wasser angefüllte Röhren, von der zu reden wir früher Gelegenheit hatten, beruht auf dieser Ausdehnung des Wassers durch die Wärme. Das Wasser bildet dabei kleinere Tropfen, wenn es heiß gemacht wird, und deßhalb bedient man sich stets solchen Wassers, dasselbe in sehr kleinen Tropfen und dünnen Strahlen anzuwenden. Dickflüssige und zähe Körper, welche bei einer mäßigen Wärme sich nicht durchseihen lassen, fließen leicht ab, wenn man sie heiß aufgießt und heiß erhält. Dieses erreicht man am Besten durch einen sogenannten M a n t e l t r i c h t e r, wie ihn Fig. 13. vorstellt. Der eigentliche Trichter a wird von einem runden Gefäße umgeben und der Zwischenraum b mit heißem Wasser gefüllt, welches man durch den Hahn c abzapfen und so erneuern kann. Mittelst eines solchen Manteltrichters befördert man z. B. das Durchseihen der Seifenessenz, das durch einen gewöhnlichen Trichter nur schwer erfolgt. Flüssigkeiten von geringerer Dichtigkeit als das Wasser dehnen sich durch die Wärme noch mehr aus als das Wasser, wie dieß z. B. beim Weingeiste der Fall ist, und daher ist bei Versendung von Flüssigkeiten, die solchen

in großem Maaße besitzen, z. B. von Wein, Branntwein, Spiritus zur strengen Jahreszeit ja darauf zu sehen, daß die Fässer nicht ganz vollgefüllt werden, weil die Sommerhitze leicht eine solche Ausdehnung des Flüssigen im Fasse bewirken könnte, daß letzteres berstete.

Eben so wie die festen Körper ziehen sich die flüssigen bei Abnahme der Wärme zusammen und erfüllen einen kleineren Raum. Nur das Wasser macht hievon, wie wir sahen, eine Ausnahme und nimmt namentlich im Augenblicke der Erstarrung einen viel größeren Raum ein und zwar mit einer fast unwiderstehlichen Gewalt. Der menschliche Kunstfleiß benützt diese Eigenthümlichkeit des Wassers als wirkende Kraft zum Zertheilen von Schieferplatten. In einigen Steinbrüchen Englands werden nämlich Schieferblöcke aufrecht gestellt, so daß der Regen zwischen die Lagen eindringen kann. Gefriert nun das Wasser, so zerspringt das Gestein in dünne Platten.

Die luftförmigen Körper dehnen sich unter allen durch die Wärme am stärksten aus. Je ausgedehnter aber die Luft ist, um so leichter ist sie, und aus diesem Grunde nimmt die wärmste Luft in einem geschlossenen Raume, wie z. B. in einem geheizten Zimmer, stets die höchste Stelle ein und die Temperatur fällt in den von der Decke bis auf den Fußboden auf einander folgenden wagerechten Luftschichten. Daher bringt man die Körper, welche bald trocken werden sollen, so nahe als möglich an die Decke des Zimmers, wie z. B. der Buchbinder das feuchte Papier, der Schreiner frisch geleimte Bretter; dagegen diejenigen, welche so wenig als möglich an der Wärme des Zimmers Theil nehmen sollen, auf den Fußboden. Des geringen Gewichtes der erwärmten Luft bedient man sich, um große, aus zwar luftdichten, aber verhältnißmäßig leichten Stoffen, wie Papier, gefirnißte Seide u. s. w. gefertigte Behälter, Luftballons genannt, damit anzufüllen und in der gewöhnlichen atmosphärischen Luft aufsteigen zu machen. Soll ein solcher Ballon aufsteigen, so muß sein Gewicht und das der in ihm eingeschlossenen erwärmten Luft zusammen weniger betragen, als das Gewicht der atmosphärischen Luft, welche vom Ballon aus der Stelle verdrängt wird. Dazu gehört immerhin eine bedeutende Größe des Ballons, zumal wenn derselbe noch mit einer Gondel versehen ist, in welcher eine Person die Luftreise mit machen will. Die Heizung mit erwärmter Luft, von der wir kurz vorher sprachen, beruht auf ihrer Ausdehnung durch die Wärme.

Durch Abkühlung zieht sich die Luft, wie wir wissen, zusammen und dieß um so mehr, je stärker sie vorher durch die Wärme ausgedehnt war.

Findet diese Abkühlung in einem verschlossenen Gefäße statt, so ergibt sich in demselben ein leerer Raum, den die äußere atmosphärische Luft nach den von ihr bekannten Gesetzen auszufüllen strebt und daher mit großer Kraft auf das Gefäß drückt. Diesen Druck der Luft benützt man, um Gefäße, die sich in Röhren von sehr feiner Oeffnung endigen, mit Flüssigkeiten zu füllen, was auf die gewöhnliche Weise, indem in die enge Röhrenöffnung nicht zu gleicher Zeit Flüssigkeit eindringen und Luft ausfließen kann, nimmermehr geschehen könnte, wie wir bei der Anfertigung des Thermometers gesehen haben. Das Verfahren beim Schröpfen beruht auf denselben Gesetzen. Die im Schröpfkopfe mit abgeschliffenem Rande enthaltene Luft wird durch die darunter gehaltene Flamme in hohem Grade verdünnt. Setzt man nun diesen auf die weichen Theile des Fleisches, so wird er in Folge des äußern Luftdruckes, welcher größer ist als der von Innen statt findende Gegendruck, stark gegen das Fleisch angedrückt, so daß letzteres den leeren inneren Raum selbst zu erfüllen strebt, einen förmlichen Hügel in den Schröpfkopf hinein bildet.

So viel von der Benützung der ersten Wirkungsart der Wärme durch Ausdehnen und Zusammenziehen der Körper; lernen wir nun die rechte Anwendung von ihrer zweiten Art zu wirken, nämlich den Aggregatszustand zu ändern, etwas näher kennen, was der Fall seyn wird, wenn wir, wie im Vorhergehenden schon angedeutet wurde, die Schmelzung sowohl als die Dampf- und Dunstbildung näher ins Auge fassen.

Die Schmelzung.

Hierüber ist bereits bei der Lehre von der Aenderung des Aggregatszustandes der Körper durch die Wärme das Wichtigste angeführt worden, und nur hinsichtlich der Bewirkung leichterer Schmelzbarkeit, wie solche in den Gewerben von großem Nutzen und vielfacher Anwendung ist, haben wir noch einiges nachzutragen.

Die Erfahrung lehrt, daß, wenn man mehrere einzeln schon leichtflüssige Körper zusammenbringt und sie schmelzt, das Schmelzen bei einer niederern Temperatur eintritt, als der durchschnittlichen Höhe der Schmelzpunkte ihrer Bestandtheile gemäß ist, ja daß solche bei der Mischung geringer ist, als selbst bei dem leichtflüssigsten ihrer Bestandtheile, vorausgesetzt, daß auflösende Verwandtschaft unter ihnen statt findet, so daß sie in einander zergehen. Auf diese Weise entstehen dann die leichtflüssigsten Metallgemische, deren sich die Kunst zum Schnellloth der Glaser und Flaschner, oder zum Gießen der Modelle in Thonformen, um diese nachher im Sande

abzudrücken, bedient, wie z. B. das Ros'sche Metallgemisch, das nicht ganz die Kochhitze des Wassers zum Schmelzen braucht, während seine einzelnen Bestandtheile, 2 Theile Wismuth, 1 Theil Blei und 1 Theil Zinn, + 200 bis 300° R dazu nöthig haben.

Aber selbst schwerflüssige Körper kommen leichter zum Schmelzen, wenn man ihnen entweder leichtflüssige beimischt, wo dann das Gemisch eine mittlere Schmelzbarkeit erhält, oder wenn man sie mit vielen leichtflüssigen umgibt, in welchen sie dann zergehen, wie Salz im Wasser. So steht z. B. der Schmelzgrad des Messings zwischen denen des Kupfers und des Zinks und je länger es im Flusse steht, desto schwerflüssiger wird es durch Verminderung des verfliegenden Zinks. Das Glas wird um so leichtflüssiger, je mehr Laugensalz zugesetzt wird, und so ändern die Metallarbeiter die zum Löthen bestimmten Metallgemische durch Vermehrung oder Verminderung des schwerflüssigen Theils ab, je nachdem sie ein hartes oder weiches Loth brauchen. Eine Silbermünze, die zuvor erhitzt wurde, schmilzt gar bald in geschmolzenem Blei, oder rothglühendes Eisen in geschmolzenem Schwefel.

Zuweilen werden auch schwerflüssige Körper durch andere schwerflüssige Körper leichtflüssig. So schmilzt z. B. ein Gemisch von Kupfer und Silber leichter als beide und daher ist der Stahl, ein Gemisch aus Eisen und Kohle, schmelzbar, wiewohl das Schmelzen der letzteren bis jetzt noch nicht gelang. Aus demselben Grunde sind auch viele Steinarten leichtflüssig, deren Bestandtheile einzeln fast unschmelzbar sind. Die reinen Erden sind für sich im stärksten Essenfeuer unschmelzbar, allein die Kieselerde schmilzt mit Thonerde zusammen, mit Kalk läßt sie sich in Fluß bringen und mit Kali oder Natron vereint schmilzt sie schon bei mäßiger Hitze, wie in der Flamme der Glasbläser.

Das gewöhnlichste Mittel jedoch, das Schmelzen schwerflüssiger Körper zu befördern, besteht darin, daß man ihnen Salze beimischt, von welchen einzelne Theile bei ihrer Zersetzung auflösend wirken. Solche Salze sind z. B. Borax und Harnsalz, die deßhalb zu Löthpulvern dienen, oder Weinstein und Salpeter, durch deren Vermengung die sogenannten Flüsse, d. h. die das Fließen der Metalle beschleunigenden Zusätze, bereitet werden.

Aus dem Allen geht hervor, daß vereinte Substanzen leichter schmelzen, als ihre einzelnen Bestandtheile und es zeigt sich dieses so allgemein, daß wahrscheinlich dabei ein Naturgesetz zu Grunde liegen wird, das noch aufzufinden st.

Uebrigens sind diejenigen Körper, welche äußerst schwer schmelzbar sind

und bei den gewöhnlichen Hitzgraden der Schmelzöfen noch fest bleiben, wie Platin, Nickel, Reißblei, Porzellanthon u. s. w. technisch ungemein wichtig als Materialien zu Schmelzgefäßen, um andere Körper, von denen sie nicht aufgelöst werden, darin zu schmelzen.

In sehr kleinen Massen werden schwerflüssige Körper schon bei geringen Hitzgraden geschmolzen; denn je kleiner die Masse ist, desto größer ist im Verhältniß zu derselben die Außenfläche, durch welche die Hitze gleichzeitig einwirkt. Noch mehr ist dieß aber der Fall, wenn die Spitze der Flamme, in welcher, wie wir schon früher erwähnt, deren ganze Hitze gleichsam vereinigt ist, gehörig verwendet, d. h. auf den zu schmelzenden Körper wirksam gerichtet wird. Hierauf beruht der Gebrauch des gemeinen Löthrohres, wie es **Fig. 14.** darstellt. Es wird von Kupfer, Argentan oder Silber gemacht und besteht aus drei Stücken: dem trichterförmigen Mundstück **a**, dem walzenförmigen Mittelstück **b** und dem möglichst enge zulaufenden Röhrchen **c**. Will man nun einen kleinen Körper zum Schmelzen bringen, so legt man ihn in eine ausgehöhlte Kohle, bringt vor die Oeffnung **c** eine Flamme und bläst in die Oeffnung des Trichters ununterbrochen Luft, wobei jedoch die Spitze **c** der Röhre auf die Spitze der Flamme gerichtet ist. Die verdichtete Luft wird ins Innere der Flamme geblasen, dadurch ein vollständiges Verbrennen möglich gemacht und die Wärmeentwicklung so verstärkt, daß durch die erzeugte neue Flammenspitze, welche man auf die Kohle und den in ihr liegenden Körper treibt, letzterer alsbald zum Schmelzen kommt.

Da das gemeine Löthrohr viel Uebung und eine starke Brust erfordert, so hat man zum leichteren Gebrauch eine Vorrichtung der Art erfunden, daß durch einen Blasbalg die atmosphärische Luft nach der Spitze der Flamme und diese nach dem Körper, welcher geschmolzen werden soll, gerichtet wird. Es ist dieß der sogenannte Blastisch, bei dem das Rohr in der Tischplatte befestigt ist und bei dem man den Luftstrom von einem unter dem Tische angebrachten doppelten Blasbalge, den man durch Treten bewegt, erhält. Auf diese Weise behält man beide Hände frei, der Luftstrom geht ununterbrochen fort und wirkt mehr auf die Flamme, als die aus dem Munde geblasene, feuchte, ihres Sauerstoffes schon größtentheils beraubte Luft.

Noch gibt es andere Erfindungen, die eine erhöhte Wirkung des Löthrohrs bezwecken. Vor allen aber empfiehlt sich zum technischen Gebrauch keine besser als das Spiritusgebläse des Prof. P i k t e t, welches **Fig. 15.** darstellt. Der Lampenkasten **ab** trägt den Staab **bc** und an diesem ist über

der Spirituslampe g der kleine Kessel d, von welchem das gekrümmte Blasrohr xf nach der Schmelzlampe h herabgeht, angebracht. Gießt man nun in den Kessel d etwas Spiritus, so wird dieser durch die Lampe g zum Kochen gebracht und verwandelt sich in Dämpfe, die bei f ausströmen und die Spiritusflamme der Schmelzlampe h ungemein vergrößert auf den Schmelzpunkt werfen. Glasröhren erweichen an der Flammenspitze in wenig Sekunden, daß man sie biegen, ausziehen und zuschmelzen kann. Ein Kupferstück schmilzt von der Flamme, wenn man es auf eine Kohle legt und mit einer Kohle bedeckt. Dieses Gebläse ist zu allerlei Löthungen bequem und verbindet mit seiner großen Wirksamkeit den Vorzug, daß es sehr wenig Raum einnimmt.

Die Bindung der großen Wärmemenge beim Uebergang der festen Körper in den tropfbar flüssigen Zustand benützt man, um anderen Körpern Wärme zu entziehen, und dadurch wird es möglich, mitten im Sommer mittelst kleiner Eisstücke, die eine sogenannte Eisgrube liefert, Gefrornes zu bereiten. Man schließt nämlich süsse Obstsäfte und würzige Schaumgerichte in gute Wärmeleiter ein und versenkt diese Gefäße in gestampftes Eis, das sich in einem schlechten Wärmeleiter befindet. Schmilzt das Eis, so entzieht es dem guten Wärmeleiter und dem darin befindlichen flüssigen Körper Wärme, was ein Gefrieren des letzteren zu Folge hat.

Von den Dämpfen.

So sehr auch die Lehre von der Wärme überhaupt mit den Bedürfnissen und Geschäften des bürgerlichen Lebens in Verbindung steht, so ist doch wohl kein Theil derselben, welcher zahlreichere und auffallendere Anwendung darböte, als die Lehre von den Dämpfen. Dieß mag Aufforderung genug seyn, uns näher damit zu beschäftigen, als es im Vorhergehenden geschehen ist, wo wir bei Erwähnung der Dämpfe nur im Allgemeinen die durch die Wärme bewirkte Veränderung des Aggregatszustandes der flüssigen Körper in dunst- und dampfförmige oder elastische angeführt haben. Und so mögen wir vorerst den ganzen Hergang einer solchen Verwandlung der flüssigen Körper in dunst- und dampfförmige, und alsdann die näheren Eigenschaften der Dünste und Dämpfe, so wie deren Anwendung näher kennen lernen.

In ersterer Beziehung beschränken wir uns auf die Anführung der Erscheinungen des Kochens, welche sich uns beim Wasser darbieten. Erwärmt man nämlich Wasser bei dem gewöhnlichen Drucke der Luft in einem offenen gläsernen Gefäße über einer brennenden Spirituslampe, so sehen

wir zuerst die dem Wasser beigemischte Luft in Form kleiner Bläschen entweichen, dann erfolgt ein eigenes Geräusch, als Vorbote des Kochens, endlich das fortdauernde Aufwallen, wobei vom Boden des Gefäßes Dampfblasen aufsteigen. Bei einer mäßigen Wärme findet mehr eine blose Verdunstung nur an der Oberfläche der Flüssigkeit statt, und obgleich sie dort bei erhöhter Temperatur immer lebhafter vor sich geht, so kommen doch, bevor die Kochhitze erreicht ist, immer noch nicht aus dem Innern der Wassermasse Dämpfe hervor. Erst wenn der Boden des Gefäßes bis zur Kochhitze erwärmt ist, was aber immer noch nicht in gleichem Maaße vom Wasser gilt, dann fangen Dämpfe an, sich am Boden des Gefässes zu bilden und als ausdehnsam flüssige Körperchen in Form kleiner Bläschen aufzusteigen. Die noch nicht bis zur Kochhitze erwärmten, kälteren Wasserschichten, in welche die kleinen Dampfblasen beim Aufsteigen gelangen, zerlegen dieselben aber wieder in Wasser und indem neue Blasen sich unaufhörlich wieder erzeugen und zerfallen, so bringt diese in jeder Sekunde oftmals wiederholte Erneuerung gleicher kleiner Bewegungen den Ton hervor, den man gewöhnlich das Singen des Wassers vor dem Kochen nennt. Dieses Singen gilt mit Recht als ein Vorbote des eintretenden Kochens, denn steigt dann die Wärme noch etwas höher und wird das Wasser in allen seinen Theilen bis zur Kochwärme erhitzt, so steigen die Dampfblasen, die sich stets nur am Boden und nie im Innern der Flüssigkeit bilden, bis an die Oberfläche herauf und das Wasser erreicht nun bei offenem Kochen keine höhere Temperatur. Die so am Boden des Gefäßes erzeugten Dämpfe haben diejenige Kraft der Ausdehnung, welche nöthig ist, um den Druck der Luft auf die Flüssigkeit und den Druck der über ihnen stehenden Wassersäule zu überwinden und in Folge ihres schnellen Aufsteigens aus der jedesmaligen Flüssigkeit dasjenige eigenthümliche Aufwallen derselben zu bewirken, wodurch das Sieden kenntlich wird.

Also der Hergang bei der Verwandlung des Wassers in Dampf, und es leuchtet aus den am Schlusse gemachten Bemerkungen von selbst ein, daß das Wasser um so früher siedet, dabei aber das kochende Wasser einen um so geringeren Grad von Wärme besitzt, je geringer der Druck der Luft auf dasselbe ist oder je tiefer das Barometer steht, und je weniger hoch die Flüssigkeitsmasse ist, welche zum Kochen kommen soll. So siedet das Wasser, welches man mit einer Temperatur von + 30° R unter die Glocke der Luftpumpe bringt, alsbald, wenn man die Luft stark verdünnt, und da auf hohen Bergen der Luftdruck geringer ist als in der Ebene, so tritt das Sieden des Wassers auf dem Montblank schon ein bei + 69° R, in dem Hospiz auf dem St. Bernhard bei + 74°, in Quito und Mexiko bei + 72° R, wo-

durch die Unbequemlichkeit entsteht, daß gewisse Speisen, welche bei der Siedhitze des Wassers von + 80° R in offenen Gefäßen gahr werden, daselbst erst, wenn anhaltendes Kochen nicht ausreicht, auf künstliche Weise dazu gebracht werden müssen. Diese besteht nämlich, wie schon gegen das Ende des 17. Jahrhunderts Dionysius Papin, ein in Cassel und Marburg lebender Gelehrter, erfunden, darin, daß man sich geschlossener Gefäße zum Sieden der einzelnen Flüssigkeiten bedient. In einem solchen ganz geschlossenen Gefäße entwickeln sich über der Oberfläche des Wassers Dämpfe, und da diese nicht entweichen können, so drücken sie auf das Wasser vermöge ihrer Spannkraft und erschweren so die Bildung neuer Dämpfe, so daß das Wasser gar nicht ins Kochen gerathen kann, dennoch aber einen weit über den Siedepunkt hinausliegenden Grad der Temperatur durch die fortgesetzte Erwärmung erhält, vermöge dessen es im Stande ist, Körper, die auf gewöhnliche Art nicht zerkocht werden können, wie Holz, Horn, Leder, Elfenbein, in Gallerte aufzulösen. Selbst die härtesten Knochen werden in solchen verschlossenen Töpfen ihrer letzten nährenden Stoffe beraubt und dienen zur Bereitung kräftiger Suppen, wie der durch Anlegung von Manufakturen zur Versorgung der Armen, durch Einführung von Sparheizungen u. s. w. wohl bekannte Graf Rumford in München (gestorb. 1815) lehrte und sich dadurch um die Versorgung der Armen (Rumfordische Suppe) große Verdienste erwarb. Die Rumfordischen Töpfe sind so eingerichtet, daß man ihre Deckel unter einen, sie oben einfassenden Rand schiebt, so daß der von Innen kommende Druck des Dampfes den Deckel nicht heben kann. Um aber die Gefahr ihres Zersprengens zu vermeiden, sind sie zugleich mit einem Sicherheitsventile versehen, d. h. mit einer Oeffnung, die von Außen durch eine Klappe geschlossen ist, deren Deckel aber sich hebt und so den sehr ausgedehnten Dämpfen einigen Ausgang gestattet, wenn der Druck von Innen sehr bedeutend wird.

Durch vermehrten Druck auf die Oberfläche des Wassers wird also dessen Siedepunkt erhöht, durch verminderten erniedriget, so daß selbst die Wärme der Hand hinreicht, um Wasser in dem sogenannten Puls- und Wasserhammer zum Sieden zu bringen. Der Pulshammer besteht aus zwei hohlen, durch eine gläserne Röhre mit einander verbundenen Glaskugeln, von denen die eine zum Theil mit gefärbtem Wasser angefüllt, die andere aber nebst dem übrigen Raume luftleer ist. Die Wärme der Hand ist nun hinreichend, das Wasser in der Kugel a (Fig. 16) zum Sieden zu bringen und in die Kugel b hinüber zu treiben. Steht b in einer sogenannten kaltmachenden Mischung, z. B. von Schnee und Salmiak, so wird

darin das kurz vorher in der Kugel a siedende Wasser zum Gefrieren kommen. Der Wasserhammer, gleichfalls eine gläserne Röhre mit zwei daran befindlichen gläsernen Kugeln (Fig. 17.) zeigt dasselbe. Man läßt das Wasser, mit welcher die eine Kugel a gefüllt ist, eine Zeit lang kochen und schmelzt eine kleine an der Kugel b befindliche Oeffnung während des Kochens zu. Nimmt man nun die Röhre vom Feuer weg, so wird das Wasser alsbald zu sieden aufhören. Erkältet man aber die obere Kugel b, daß sich die in derselben Kugel und in der Röhre befindlichen Dünste zu Wasser verdichten und über dem Wasser ein luftverdünnter Raum entsteht, so fängt das Wasser in der Kugel a wieder zu sieden an.

Noch gibt es ein zweites Mittel, die Temperatur des siedenden Wassers zu erhöhen, welches in einem Zusatz von Salzen zum reinen Wasser besteht, und daher werden Salzlösungen angewendet, um eine höhere Wärme als die des siedenden Wassers ohne unmittelbare Anwendung des Feuers auf gewisse Substanzen einwirken zu lassen.

Was das Zweite betrifft, daß Wasser bei niedrigem Stande in Gefäßen leichter siedet, als bei höherem, also in möglichst flachen Gefäßen, wo es nicht hoch zu stehen kommt, früher als in engen, hohen, so wissen dies die Köchinnen gar wohl, denn stets bedienen sie sich der eisernen Pfannen mit großen Böden, so oft sie schnell siedendes Wasser sich verschaffen wollen. Auch siedet eine Flüssigkeit leichter, wenn poröse Körper sich darin befinden, welche beim Erhitzen Luft und Dunstarten fahren lassen und Flüssigkeiten, welche sich beim Erhitzen mit einem Häutchen überziehen, wie die Milch, schwellen beim Sieden auf, weil die Dünste zu entweichen gehindert werden.

Die vom Wasser aufsteigenden Dämpfe sind übrigens in der unmittelbaren Nähe der Oberfläche des siedenden Wassers oder in verschlossenen Gefäßen durchsichtige, feine Bläschen, deren Gewicht nur $^3/_5$ von dem der atmosphärischen Luft beträgt, weßhalb sie in derselben in die Höhe steigen, und welche wie die Gase ein Bestreben haben, sich ins Unendliche auszudehnen, so daß die kleinste Menge Wasser fähig ist in Dampfgestalt einen Raum von mehreren Tausend Cubikfuß in derselben Weise auszufüllen, wie die Luft.

Ein einfacher Versuch kann uns die Durchsichtigkeit sowohl, als das Bestreben der Wasserdämpfe, sich immer stärker auszudehnen, zur Anschauung bringen. Man fülle einen gläsernen Cylinder mit Wasser, kehre ihn mit der Hand verschlossen um, und bringe ihn mit der Oeffnung unter die Oberfläche des Wassers einer Schaale. Wird nun mittelst einer Weingeist=

lampeb as Wasser der Schaale und des Cylinders gehörig erhitzt, so steigen alsdann im Innern des Cylinders in größter Menge kleine Bläschen auf, welche zerplatzen, sobald sie die Oberfläche des Cylinders berühren. Nach dem Zerplatzen dieser Dampfkügelchen fällt allmählig das Wasser im Cylinder, und es entsteht über demselben ein mit völlig durchsichtigen Wasserdämpfen angefüllter Raum, der sich durch die ausdehnende Kraft dieser Dämpfe fortwährend vergrößert, so daß das Wasser aus dem Cylinder selbst verdrängt wird. Erst wenn die heißen Wasserdämpfe mit kälterer Luft in Berührung kommen, werden sie sichtbar als nebliger Dunst, bestehend aus sehr kleinen Theilchen niedergeschlagenen Wassers, weil der so dichte Dampf bei geringerer Wärme nicht mehr in elastischer Form bestehen kann, und erscheinen so lange nicht mehr als vollkommen luftförmig, bis sie in einen größeren Raum sich ausgebreitet und eine der niederen Temperatur angemessene, weniger dichte Form angenommen haben. Der Hauch unseres Mundes lehrt uns dasselbe. Dieser verläßt den Mund als unsichtbarer Dampf, von dem wir in warmen Zimmern oder an warmen Sommertagen nichts gewahr werden; in kalter Umgebung wird uns aber derselbe in nebelförmigen Dunst- und Dampfbläschen als sogenannter Nebel sogleich vom Munde aus auf eine kurze Strecke sichtbar und verschwindet dann in der Luft als Wasserdunst.

Noch besser als der oben angeführte Versuch zur Veranschaulichung der Elasticität der Dämpfe ist nachstehender, wo sich die Dämpfe in gewöhnlicher Luftwärme entwickeln und sogleich eine bedeutende Quecksilbersäule tragen. Man bedient sich der in Fig. 18. angegebenen Vorrichtung, wo ab, cd zwei mit einander verbundene Glasröhren sind, deren erstere oben offen, letztere aber durch den Hahn x verschließbar ist. Dieser Hahn x ist nicht durchbohrt, so daß er bei jeder Stellung und Drehung das oberhalb befindliche kleine Gefäß m von der Röhre dc absperrt, hat aber sowohl an der Stelle o als i, wo er mit dem oberen und unteren Gefäße in Verbindung steht, eine kleine Vertiefung. Bringt man nun in beide Röhren Quecksilber, das in den beiden gleich hoch, bis f und g, steht, in das obere Schälchen m aber eine Flüssigkeit, so fällt bei einer halben Umdrehung des genau schließenden Hahns der in seiner oberen Höhlung aufgefaßte kleine Tropfen auf die Oberfläche g des Quecksilbers herab, verdampft daselbst und erfüllt mit den Dämpfen die Röhre dg. Diese Dämpfe drücken auf die Quecksilbersäule gc, welche demnach sich verkürzt und so ein Steigen des Quecksilbers in der anderen engeren Röhre ab verursacht. Selbst bei mäßiger Temperatur ist die Elasticität der Dämpfe stark genug, eine erheb-

liche Quecksilbersäule zu tragen. Uebrigens bedient man sich als Flüssigkeit am Besten des Schwefeläthers, weil er nicht nur schneller verdampft als Wasser, folglich die Wirkung der Dämpfe früher eintritt, sondern weil auch die Ausdehnbarkeit seiner Dämpfe größer ist als die der Wasserdämpfe.

Zur Abmessung der Kraft der Dämpfe, welche sie bei gesteigerter Temperatur erhalten, bediente man sich Vorrichtungen, wo man diese Kraft der Ausdehnung unmittelbar durch Gewichte bestimmte, und fand so für den Druck, den die Wasserdämpfe sowohl bei niedrigen als hohen Temperaturen auf einen bayerischen Quadratzoll Fläche ausüben, folgende Ergebnisse:

Temperatur	Druck auf einen bayer. Quadratzoll		Temperatur	Druck auf einen bayer. Quadratzoll	
	bayer. Pfund	Loth		bayer. Pfund	Loth
+ 10° R	—	7⅓	+ 98° R	32	19
20°	—	15¼	109°	48	16
30°	—	30⅔	117°	63	13
40°	1	26⅔	124°	79	7
50°	3	11⅔	149°	161	8
60°	6	1	225°	795	21
70°	9	27⅓	270°	1577	30
80°	15	22⅔			

Hätte man statt des Wassers Alkohol angewendet, so würde sich bei denselben Temperaturen ein noch größerer Druck auf den Quadratzoll Fläche ergeben haben, oder der Alkoholdampf hat bei gleicher Temperatur eine größere Ausdehnungskraft als der Wasserdampf, was ja schon daraus erhellt, daß Alkohol schon bei + 63° R siedet und also schon bei dieser Temperatur den auf ihn lastenden Druck der Atmosphäre zu überwinden im Stande ist, welcher bekanntlich bei dem Barometerstande von 28 par. Zoll auf den bayer. Quadratzoll nicht weniger als 15⅔ Pfunde beträgt. Die Spannkraft des Dampfes, welcher sich aus irgend einer Flüssigkeit bildet, ist nämlich stets dem Drucke gleich, welcher auf der Oberfläche der Flüssigkeit haftet. Denn wenn sie geringer wäre, so könnte der Dampf nicht in Gestalt von Blasen im Innern der Flüssigkeit bestehen, und wenn sie stärker wäre, so müßte sich der Dampf schon früher gebildet haben. Bei + 80° R drückt der Alkoholdampf schon mit nahe 36 Pfund, bei + 100° R selbst mit 78½ Pfund auf den Quadratzoll. Noch größer ist die Spann=

kraft der Dämpfe des Schwefeläthers, der schon bei + 30° **R** siedet und schon bei dieser Temperatur mit $15^2/_3$ Pfund auf den Quadratzoll drückt. Bei 64° **R** beträgt dieser Druck nicht weniger als $70^2/_3$ Pfund. Dagegen erreicht der Quecksilberdampf erst bei einer sehr großen Hitze, bei + 285° **R**, wo das Quecksilber kocht, eine Spannkraft, die dem Drucke der Atmosphäre gleich ist, und bei niedrigen Temperaturen ist daher seine Spannkraft unbedeutend, berechnet sich selbst bei + 192° **R** auf den Quadratzoll nicht größer als auf etwa $1^1/_2$ Pfund und ist bei der Temperatur 0° **R** so unbedeutend wie die des Wasserdampfes bei einer Temperatur von — 198° **R**. Und so geben alle Flüssigkeiten, welche bei sehr hohen Temperaturen sieden, in niedrigen Temperaturen Dämpfe von sehr geringer Spannkraft, und nur bei Dämpfen von einer und derselben Flüssigkeit entspricht gleichen Temperaturen ein gleicher Grad der Spannkraft.

Die Größe der Spannkraft der Dämpfe einer und derselben Flüssigkeit nimmt mit ihrer Temperatur, das lehren uns die obigen Resultate, beständig zu, und in so ferne herrscht zwischen Gasen und Dämpfen eine vollkommene Uebereinstimmung. Beide breiten sich in einen immer größeren Raum aus und üben im geschlossenen Raum auf die Gefäßwände einen immer noch mehr oder minder großen Druck aus. Die kleinste Menge Wasser ist, wie bereits gesagt, fähig, in Dampfgestalt einen Raum von mehreren Tausend Cubikklaftern in derselben Weise auszufüllen, wie die Luft. Allein sie unterscheiden sich von einander dadurch, daß irgend ein abgesperrter Raum bei jeder Temperatur Luft von jeder Dichtigkeit, der größesten oder kleinsten, enthalten kann und daß jede Veränderung des Drucks eine entsprechende in der abgeschlossenen Luftmasse zur Folge hat, was Beides keineswegs bei den Dämpfen statt findet, wie aus nachstehenden Gesetzen hervorgeht, die in Hinsicht der Menge, Dichtigkeit und Spannkraft der Dünste und Dämpfe in einem abgesperrten und freien Raume aufgestellt werden können.

1) D i e M e n g e d e r i n e i n e n R a u m ü b e r g e h e n d e n D ü n s t e u n d D ä m p f e i s t f ü r e i n e b e s t i m m t e T e m p e r a t u r s t e t s g l e i c h g r o ß, o d e r d i e M e n g e d e r D ä m p f e, d i e i n e i n e m g e g e b n e n R a u m b e i e i n u n d d e r s e l b e n T e m p e r a t u r b e s t e h e n k a n n, v e r m a g e i n e g e w i s s e G r e n z e n i c h t z u ü b e r s c h r e i t e n, s e i d i e s e r R a u m m i t i r g e n d e i n e r L u f t a r t e r f ü l l t o d e r l u f t l e e r.

In letzterer Beziehung sollte man allerdings glauben, erstlich, daß ein schon mit Luft erfüllter Raum nicht im Stande sey, nun auch noch eben

so viel Dämpfe, als die Temperatur es im leeren Raum gestatten würde, aufzunehmen und zweitens, daß ein in der Luft enthaltener Dampf doch den Druck der umgebenden Luft auszuhalten habe und diesem mit der geringeren Spannkraft, die ihm bei niederer Temperatur eigen ist, nicht widerstehen könne. Allein beide Vermuthungen sind irrig und wir sind daher genöthigt anzunehmen, daß die Dämpfe sich so mit der Luft vereinigen, daß sie, gleichsam zwischen den Lufttheilchen ihren Platz einnehmend, dem Drucke der Luft nicht so ausgesetzt sind, wie es bei dem gegenseitigen Drucke größerer Massen der Fall wäre. Indem so die Luft und der Dampf, als ob sie ganz unabhängig von einander wären, den Raum erfüllen und ihren Druck ausüben, erleidet eine dem gemeinschaftlichen Drucke beider ausgesetzte Fläche eine Pressung, die der Summe derjenigen Pressungen gleich ist, die von der Luft und dem Dampfe allein ausgeübt werden würden, was man in folgendes zweite Gesetz zusammen fassen kann:

2) Die Spannkraft einer Mischung von Gasen und Dämpfen ist der Summe der Spannkräfte aller gleich.

Ueberhaupt ist über die Mischung von Gasen und Dämpfen zu bemerken, daß sie sich nicht wie die flüssigen Körper so über einander aufschichten, daß der schwerste die unterste, der leichteste die oberste Stelle einnimmt und die anderen sich nach der Ordnung der Dichtigkeit über einander legen. Wäre dieses der Fall, so müßte sich auf unserer Erdoberfläche Alles ändern: die Dämpfe z. B., welche sich auf der Oberfläche der Gewässer bilden, würden vermöge ihrer Leichtigkeit aufsteigen und so bis zu den äußersten Grenzen der Atmosphäre getrieben werden; bei der anhaltenden Verdunstung würden zuletzt alle Seen und Meere austrocknen und alles Wasser der Erde würde als Wasserdampf über der Atmosphäre schweben. Bei den Gasen gilt vielmehr als Grundsatz, nach welchem die Mischung vor sich geht: Wenn man in einen und denselben Raum verschiedene Gase bringt, die sich nicht mit einander verbinden, so verbreitet sich jedes gleichförmig durch den ganzen Raum, gerade so, als ob die anderen Gase gar nicht vorhanden wären, die Spannkraft des Gemenges aber ist gleich der Summe der Spannkräfte, welche jedes einzelne Gas haben würde, wenn es für sich allein den ganzen Raum ausfüllte. Die Dämpfe verhalten sich in dieser Beziehung vollkommen eben so wie die Gase, und wenn in einen mit Gas erfüllten Raum eine Flüssigkeit gebracht wird, so bilden sich in diesem Raume gerade eben so viel Dämpfe, als ob der Raum vollkommen leer wäre.

3) Die Menge der Dünste und Dämpfe, welche ein bestimmter Raum aufzunehmen vermag, ist allein von der Temperatur abhängig und wächst im beständigen Verhältnisse mit Zunahme dieser und vermindert sich eben so bei ihrer Abnahme.

Es geht daher, wenn bei stehenbleibender Temperatur der mit Dünsten gesättigte Raum durch Druck verkleinert oder bei unverändertem Raum die Temperatur erniedriget wird, ein Theil des Dunstes wieder in den tropfbar flüssigen Zustand zurück. Ein Raum ist aber mit Dünsten gesättiget oder die Verdunstung hat ihr Maximum (größtmöglichstes Maaß) erreicht, wenn er so sehr mit Dünsten erfüllt ist, daß er bei derselben Temperatur keine weiteren aufnehmen kann.

4) Die größte Dichtigkeit der in einem abgeschlossenen Raum entwickelten Dämpfen ist verschieden und ändert sich wie die Temperatur. Mit der Zunahme dieser wächst in geschlossenem Raum die Expansivkraft oder Spannkraft der Dämpfe, und zwar nimmt letztere in größerem Maaße zu als die Dichtigkeit der Dämpfe.

Wird Luft von irgend einer Spannkraft und Dichtigkeit ohne Veränderung der Temperatur auf den halben Raum zusammengepreßt, so erhält sie die doppelte Spannkraft und Dichtigkeit. Bei den Dämpfen ist dem nicht also. Preßt man z. B. Wasserdampf von + 80° R, der über einer Schicht siedenden Wassers sich befindet, auf seinen halben Rauminhalt zusammen, so wird die Hälfte davon zu Wasser und die andere Hälfte behält die vorige Spannung und Dichtigkeit bei. Erweitert man aber den Raum für diesen Dampf bei gleicher Temperatur auf das Doppelte, so entwickelt sich aus dem Wasser noch einmal so viel Dampf und dieser erhält die vorige Spannung und Dichtigkeit. Die Dämpfe haben also für jede Temperatur einen genau bestimmten, höchsten Grad von Dichtigkeit und Spannung, den sie bei fortgesetzter Erwärmung stets erreichen, wenn von der verdampfenden Flüssigkeit noch eine hinreichende Menge vorhanden ist. Jedesmal, wenn man die auf ihrem höchsten Grad von Dichtigkeit stehenden Dämpfe von gewisser Temperatur in einen engeren Raum zusammen drücken will, muß ein Theil davon tropfbar flüssig werden, damit der andere diejenige Dichtigkeit behalten könne, welche jener Temperatur entspricht. Das-

selbe ist der Fall, wenn man die Temperatur der einen geschlossenen Raum bis zur Sättigung erfüllenden Dämpfe vermindert.

Das einzige Mittel, die Dichtigkeit und Spannkraft der Dämpfe zu vermehren, ist daher die Erhöhung der Temperatur, deren Wirkung wir in Hinsicht der Spannkraft aus obiger Tabelle bereits kennen gelernt haben. Die Bestimmung der Dichtigkeit der Dämpfe ist mit großen Schwierigkeiten verbunden, wurde aber doch wegen der Wichtigkeit ihrer Kenntniß in den Künsten und Gewerben hinreichend genau ermittelt. Aus dieser Ermittelung geht hervor, daß der Raum, welchen der gesättigte Wasserdampf beim kochenden Wasser einnimmt, 1700mal größer ist als der Raum, den das Wasser, woraus er entstanden, bei der Temperatur 0° R erfüllte, oder daß ein Cubikzoll Wasser von der Temperatur 0° beim Sieden des Wassers einen Raum von 1700 Cubikzoll einnimmt. In gleichem Verhältnisse wird aber auch der bei + 80° R gesättigte Wasserdampf leichter als Wasser, und da die atmosphärische Luft nahe 800mal leichter als das Wasser ist, so macht das Gewicht eines Cubikfußes gesättigter Wasserdämpfe bei + 80° R nahe nur den 800ten Theil von dem Gewichte eines Cubikfußes atmosphärische Luft aus.

Mehr jedoch als die Dichtigkeit der Dämpfe ist deren Expansivkraft nicht allein für Handel, Gewerbe und Künste, sondern auch für die Verbindung und Ausbildung des ganzen Menschengeschlechtes von Wichtigkeit, wenn dieselbe in den sogenannten Dampfmaschinen in Anwendung kommt. Diese Spannkraft der Dämpfe ist eine so häufig sich darbietende Erscheinung, daß sie gewiß von jeher schon beobachtet wurde. Wenn frisches, nasses Reisig in Feuer liegt, so bemerkten wohl schon die Alten, wie die Rinde alsbald aufschwillt, sich aufbläht und endlich mit einem Knalle zerspringt. Dieselbe Erfahrung machten sie wohl auch an eben gepflückten nußartigen Früchten: Eicheln, Kastanien, Haselnüssen, Buchecken u. s. w., welche beim Zerplatzen im Feuer gewöhnlich weit fortgeschleudert werden. Wenn Wasser in gut zugedeckten Gefäßen siedet, so wird der Deckel nicht selten durch die Gewalt der Dämpfe herabgeworfen. Es währte jedoch sehr lange Zeit, bis man von dieser Spannkraft der Dämpfe als bewegende Kraft Gebrauch machte, denn erst gegen das Ende des 17 Jahrhunderts machten der bereits erwähnte Papin und ein anderer Gelehrter Savery die Bemerkung, daß die große Gewalt der Dämpfe diese zur Betreibung von Maschinen anwendbar mache, was denn auch alsbald durch Verfertigung freilich unvollkommener Dampfmaschinen nachgewiesen wurde. Von nun an erlitten diese Maschinen eine Verbesserung um die andere, so daß sie jetzt auf einem

Grad der Vollkommenheit stehen, der kaum etwas zu wünschen übrig läßt, und durch die große Gewalt, mit welcher sie wirken, durch ihre Unabhängigkeit von örtlichen Umständen, durch den kleinen Raum, den sie selbst bei großer Wirksamkeit nur fordern und endlich durch ihre Fähigkeit, sich selbst fortzubewegen, alle anderen Maschinen tief in Schatten gestellt haben. Auf eine nähere Beschreibung dieser einflußreichen Maschinen müssen wir aus guten Gründen verzichten und begnügen uns zunächst damit, die Grundursache ihrer Wirksamkeit kennen zu lernen. Diese ist sehr einfach. In einem eisernen Cylinder, der sich vom Dampfkessel aus mit Dampf anfüllt, befindet sich ein dicht anschließender beweglicher Kolben, den die Spannkraft des Dampfes fortschiebt. Hat dieser im Cylinder die Stelle erreicht, bis zu welcher er vorrücken soll oder kann, so verschließt man die Oeffnung, durch welche der Dampf aus dem Kessel in den Cylinder tritt und kühlt entweder den im Cylinder befindlichen Dampf ab, wodurch ein luftverdünnter Raum entsteht und die Atmosphäre den Kolben zurück drückt, oder man leitet den Dampf nach der andern Seite des Kolbens hin, damit der Dampf selbst das Zurückdrängen des Kolbens bewirke. Darin besteht im Wesentlichen die Anordnung jeder Dampfmaschine, die im ersten Fall eine einfach wirkende, im letzteren eine doppelt wirkende genannt wird.

Durch das Auf- und Niedergehen des Kolbens lehrt die Mechanik alle Arten von Maschinen bewegen, wodurch in dem Gewerbs- und Fabrikwesen eine große Umwälzung herbei geführt wurde. Zuerst gebrauchte man die Dampfmaschine zur Gewältigung des Wassers in Bergwerken, später zur Betreibung der Pumpen in den Brauereien. Bald erbaute man große Dampfmühlen, trieb Spinnmaschinen und Hammerwerke durch die Kraft des Dampfes und jetzt ist es soweit gekommen, daß überhaupt jede große Fabrik und jede nur etwas bedeutende Werkstätte nicht ohne Dampfmaschine bestehen kann. Auch im Kleinen lassen sie sich anwenden, wo nur geringe Kraft erforderlich ist. Feuerarbeiter treiben ihre Blasbälge durch Dampf und Gärtnern schöpft er das Wasser zum Begießen; ja einem Fleischer in London hackt seine Dampfmaschine das Fleisch zu den Würsten und füllt es dann in Därme.

Allein nicht blos zum Betrieb von Fabriken, sondern auch als die schnellsten Beförderungsmittel von einem Ort zum anderen, zu Wasser und zu Lande, zu Dampfschiffen und Dampfwagen, werden die Dampfmaschinen verwendet. Bequem legt man jetzt auf einem Dampfschiffe, je nachdem die Wirksamkeit seiner Maschine verschieden ist, die deutsche Meile stromabwärts in 12 bis 20 Minuten, auf einem Dampfwagen aber gewöhnlich in zehn

Minuten zurück. Letztere Geschwindigkeit kann jedoch noch sehr vermehrt werden und Männer, deren Aussagen man trauen darf, versichern, den 7 deutsche Meilen langen Weg von Manchester nach Liverpool in einer halben Stunde gefahren zu seyn. Gewiß ist, daß eine Locomotive, wie ein solcher Dampfwagen heißt, ohne angehängte Last in einer Stunde mit Leichtigkeit 12 deutsche Meilen und darüber zurücklegen kann. Die Kraft, welche die Maschine dabei anwendet, wird nach der arbeitender Pferde berechnet. Hierbei liegt der Erfahrungssatz zu Grunde, daß ein Pferd in 1 Sekunde 10 Pfund 3 Fuß hoch zu heben im Stande ist, welches so viel ist als 32400 Pfund in einer Minute 1 Fuß hoch, woraus die Regel folgt, daß man nur nur nöthig habe, die Last in Pfunden ausgedrückt, welche die Dampfmaschine in 1 Minute 1 Fuß hoch hebt, mit 32400 zu dividiren, um die Pferdekräfte zu finden, welchen sie in ihrer Wirkung gleich kommt. Da aber ein Pferd nicht mit gleichbleibender Anstrengung fortarbeiten kann, so setzt man, um richtigere Resultate zu erhalten, den Divisor 32400 auf 22000 herunter, und da man ein Pferd in einem Tage nur 8 Stunden so angestrengt arbeiten lassen kann, so muß man die gefundene Pferdezahl verdreifachen, um zu finden, wie viel Pferde eine Maschine ersetzt.

Was die Gefahren anbetrifft, die man in der Nähe solcher gewaltigen Kräfte, wie der in den Maschinen eingeschlossenen Dämpfe zu bestehen hat, welche bei steigender Hitze gar keine Grenzen kennen und endlich jeden Verschluß zu sprengen vermögen, so sind solche bei gehörig geprüften und beaufsichtigten Maschinen kaum mehr vorhanden, wenigstens bei Dampfschiffen nicht mehr zu fürchten, als ein möglicher Sturm, dessen Angriff auf das gewöhnliche Schiff mit hohen Segeln und Masten weit gefährlicher ist; bei Dampfwagen aber nicht mehr als beim Kutschenfahren ein gänzliches Durchgehen der Pferde, das gewöhnlich sehr üble Folgen hat. Man bringt sogenannte Sicherheitsventile bei den Dampfkesseln an, d. i. mit Gewichten belastete, klappenförmige Platten, welche sich öffnen, wenn die Ausdehnung des Dampfes zu groß wird und so den Dampf des Kessel entweichen lassen, oder man setzt leicht schmelzbare Platten aus einem Metallgemische ein, welche zerschmelzen, wenn die Hitze der Dämpfe und damit ihre Kraft der Ausdehnung zu groß wird, oder auch dünne Platten von solcher Stärke, daß sie leicht zerreißen, wenn der Druck der Dämpfe das gesetzte Maaß überschreitet.

Schließlich ist noch der Anwendung der großen Ausdehnsamkeit des Wasserdampfes zu Dampfgeschütz zu gedenken, die Perkins zuerst zu machen versuchte. So wie der Dampf einen Kolben treibt, schloß er, vermag

er auch die Ladung eines Laufes fortzustoßen und der Gebrauch des Schieß=pulvers in den Feuergewehren beruht ja auch auf der Gewalt von plötzlich entwickelten Gasen. Perkins verfertigte eine Dampfflinte, welche in der Minute 250 Bleikugeln mit solcher Gewalt absendete, daß sie sich an einer 100 Fuß entfernt aufgestelltem Eisenplatte breit drückten oder auch durch 12 hinter einander stehende, einen Zoll dicke Bretter in einer Entfernung von 100 Fuß schlugen. Später baute er eine Dampfkanone, welche die 4pfündige Kugel mit der zehnfachen Geschwindigkeit einer gewöhnlichen ab=feuerte und wobei 1 Pfund Steinkohlen dieselbe Wirkung hervorbrachte als 4 Pfund Schießpulver. Zum Glück stehen dieser Anwendung der Dämpfe zu einem so zerstörenden Zwecke manche Hindernisse im Wege, denn wir dürfen wohl nicht wünschen, daß ein so verheerendes Zerstörungsmittel je den menschlichen Händen, die so leicht zum Mißbrauch ihrer Kraft verleitet werden, zu Gebote stehen möge.

So viel von der Anwendung der Dämpfe als bewegende Kraft. Aber auch noch mancherlei andere Anwendungen machen wir in den Gewerben von ihnen, deren einige wir nun in der Kürze anführen wollen.

Den ausdehnten Zustand und daher das Bestreben der Dämpfe, die ihnen dargebotenen Körper zu durchdringen, wendet man an, um elastische Körper des Thier= und Pflanzenreichs ihrer Elasticität zu berauben und sie zu beliebiger Gestaltung geeignet zu machen. Darauf gründet sich die Be=reitung des gesottenen Holzes und des gepreßten Horns, vornehmlich aber das Dekatiren der wollenen Tücher. Solche Tücher werden zusammenge=faltet, in durchnäßte Sackleinwand eingeschlagen und auf eine eiserne Platte gelegt. Eine Preßplatte drückt von Oben den Tuchballen zusammen und entfernt die Luft aus dem Tuche. Nun wird die untere eiserne Platte erhitzt, was zur Folge hat, daß das Wasser in der Leinwand verdampft. Sobald dies geschieht, löst man die Schraube der Presse und erzeugt dadurch in dem aufstehenden Tuche einen Raum, den Wasserdämpfe füllen. Die krausen Wollfassern erweichen darin und strecken sich gleichlaufend aus, in welcher Lage sie beim neuen Anziehen der Presse erstarren und dadurch jenen beliebten Schimmer bekommen. Auf derselben Eigenschaft der Dämpfe beruhen auch die Vortheile des Kochens mit Dampf, wie es geschieht, wenn man in einem gewöhnlichen Kochgefäße in einiger Erhöhung über dem Boden ein Sieb anbringt, welches die Speisen trägt. Die Dämpfe dringen schneller in die Zwischenräume der Körper und äußern eine stärker auflö=sende Kraft als siedendes Wasser, so daß das Mürbewerden der Körper theils durch das Eindringen der Wärme, theils durch Dunstbildung im

Innern der Massen entsteht. In Branntweinbrennereien kocht man die Kartoffeln in Fässern, zu denen ein Rohr die Dämpfe aus anderen Apparaten führt. Entwickelt man in einer kleinen Blase Wasserdampf und leitet diesen in große flüssige Massen, so werden diese durch die Zersetzung des heißen Dampfes zum Sieden gebracht und man hat den Vortheil, daß die Flüssigkeiten sich nicht in feuerfesten Gefäßen zu befinden brauchen, abgesehen davon, daß man viel weniger Brennmaterial dazu erforderlich hat.

Der Dampferzeugung bedienen wir uns ferner, eine oder mehr flüchtige mit feuerbeständigen oder nur weniger flüchtigen Substanzen vermischte oder verbundene Materie zu trennen. Hat man dabei den Zweck, des flüchtigen Körpers habhaft zu werden, so nennt man dessen Gewinnung durch Dampfzersetzung in Gefäßen ein Abziehen, eine Destillation und den gewonnenen Körper ein Destillat, wenn er ein flüssiger ist, dagegen heißt man die Trennung ein Auftreiben, eine Sublimation und den erhaltenen Körper ein Sublimat, wenn er ein fester ist. Beabsichtigt man aber, durch Dampferzeugung die feuerbeständigen oder minder flüchtigen Stoffe zu sammeln, so nennt man das dabei beobachtete Verfahren das Abdampfen, Evaporiren, auch wohl Abrauchen, wenn das Gemisch eine flüssige Verbindung ist; Rösten, Calciniren aber, wenn das Gemisch einen festen Körper vorstellt.

Zur Destillation dienen im Kleinen Retorten, gläserne oder metallene Kolben mit krummen Hälsen, wie aus **Fig. 19** zu ersehen ist. Man füllt die Retorte ab mit der zu destillirenden Flüssigkeit an, setzt an den Hals b den Vorstoß bc, welcher in die gläserne Vorlage d hinabreicht und erhitzt nun mittelst der Lampe m vorsichtig die Retorte. Die aus letzterer aufsteigenden Dämpfe treten durch den Vorstoß bc in die Vorlage d, welche durch Schnee, kaltes Wasser oder nasse, kalte Tücher abgekühlt wird, und die so erkaltete Vorlage entzieht den Dämpfen die zum Bestehen in Dampfform nöthige Wärme und macht sie in tropfbar flüssiger Gestalt niederschlagen. Im Großen bedient man sich zum Destilliren kupferner Blasen, Helme und Küchengeräthe, z. B. beim Branntweinbrennen.

Auf diese Weise trennt man aber nicht nur flüssige Körper von feuerbeständigen, sondern selbst auch flüchtige von flüchtigen, aber freilich schwerflüchtigeren, indem man nämlich die Hitze so weit mäßiget, daß sie nur das Flüchtigere in Dampf verwandelt. Auch wird zu demselben Behufe nur ein gewisser Theil abgezogen, so viel die Erfahrung räthlich macht, und nicht selten das, was zurück bleiben soll, durch Zusätze festgehalten. So setzt man z. B. beim Destilliren des Branntweins in Schottland etwas Seife zu

damit das Wasser sich damit verbindet und ein geringeres Bestreben hat in Dampfform über zu gehen. Unsere Brenner gebrauchen statt dessen Asche und Salz, um Säure, Fusel und Wasser zu binden. Immerhin ist jedoch das gewonnene Destillat noch sehr durch Wasser, welches theils durch Verdunstung übergegangen ist, theils von den Spiritusdämpfen mechanisch fortgerissen wurde, verunreinigt. Erst durch öftere Wiederholung desselben Verfahrens (Rektifikation) kann man dahin gelangen, einen ziemlich wasserfreien Spiritus darzustellen.

Will man die Flamme m nicht unmittelbar an die Retorte a bringen und dadurch die Gefahr ihrer Beschädigung, besonders wegen der Sprödigkeit des Glases, besser beseitigen, so setzt man die Retorte in ein sogenanntes Baad aus Wasser, Asche oder Sand, erhitzt diese schlechten Wärmeleiter und theilt erst durch sie der Retorte Wärme mit.

Der Hergang einer Sublimation ist derselbe, wie bei der Destillation. Der verflüchtigte Körper, das Sublimat, legt sich entweder schon im Halse, oder in aufgestürzten Helmen und Aludeln an, deren man mehrere, wie Fig. 20 zeigt, auf einander setzt, um Sublimate von verschiedener Flüchtigkeit gesondert zu erhalten. So werden z. B. die Schwefelblumen aus dem Stangenschwefel gewonnen. Im Großen dienen zu gleichem Behufe Sublimirtöpfe mit Hauben, z. B. zum Auftreiben des Salmiaks. Regen bietet uns im Großen das Beispiel einer Destillation, Schnee das einer Sublimation dar. Nur ist das Wasser der Flüsse, Seen, Meere ꝛc. nicht durch Kochen, sondern durch Verdunstung luftförmig geworden.

Beim Abdampfen hat man weiter nichts zu thun, als die flüssige Verbindung eines flüchtigen und feuerbeständigen Körpers gehörig zu erwärmen. Der flüchtige Körper entweicht dadurch in Dampfform und der feuerbeständige bleibt im Gefäß zurück. Nur der letzte Theil des flüchtigen erfordert die größte Hitze und die längste Zeit, die Dampfform einzugehen, indem er ungemein fest am feuerbeständigen hält, wie z. B. beim Pottaschesieden, Zuckersieden, Salpetersieden ꝛc. Dagegen reißt das Flüchtige nicht selten auch Theile des Feuerbeständigen mit sich fort, wie ersichtlich ist, wenn man Salzwasser in einem Arzneiglase über dem Ofen abdampft, wo die ganze Außenfläche des Glases sich mit einer Salzrinde überzieht.

Das Rösten, Calciniren geschieht wie das Abdampfen. Eine vollkommene und vollständige Trennung findet jedoch dabei selten statt, indem ein Rest des Flüssigen stets beim Feuerbeständigen zurückbleibt und ein Theil dieses letzteren mit verflüchtigt wird. Daher wächst z. B. beim Rösten der Silbererze das Silber zum Theil haarförmig aus.

Da die zur Dampfbildung nöthige Wärme auch der Umgebung entzogen und dadurch Abkühlung derselben erzeugt wird, so bedient man sich ihrer zu letzterem Zwecke in den Gewerben mannichfach. Bringt man die durch den Gebrauch heiß gewordenen Bohrer und Hämmer xc. in kaltes Wasser, so wird das dieselben unmittelbar berührende Wasser in Dampf verwandelt, bindet dazu eine bedeutende Menge Wärme und entzieht solche den heißen Werkzeugen, die dadurch abkühlen. Durch nasse Umschläge kühlt man Blasenhelme und Vorlagen, vermindert auch die Hitze der Hirnentzündungen. Bei Feuersbrünsten rettet man sich durch die Flamme mit nassen Ueberwürfen. Heiße Zangen erfaßt man mit nassen Lappen. Der Bäcker näßt Wische und Krücken, damit sie nicht verbrennen.

Gehen dagegen die Dämpfe von ihrer ausdehnsamen Form durch Erkältung in die tropfbar flüssige Form über, so wird die von denselben gebundene Wärme wieder frei, worauf besonders die Anwendung der Dämpfe zum Heizen beruht. Die Hitze, welche durch Verbrennung entbunden wird wirkt nur zum kleinsten Theile frei und unmittelbar auf den nächsten Wärmeleiter, den Ofenkasten. Weit mehr wird davon zur Dampfbildung verwendet und man hat demnach blos die Einrichtungen zu treffen, daß die Wasserdämpfe die ihnen ertheilte Hitze vollständig und willig wieder abgeben, und es ist offenbar, daß die Heizung durch Wasserdämpfe der durch Verbrennung im Ofen erzeugten vorzuziehen ist. Vorzüglich aber wird die Anwendung der Dämpfe zum Erwärmen, Trocknen, Heizen von Zimmern xc. da vortheilhaft, wo irgend eine Art von Fabrikation das Hervorgehen von Dämpfen bewirkt und man daher keinen eigenen Aufwand von Brennmaterial zur Erwärmung nöthig hat. Man leitet zu diesem Zwecke die Dämpfe in Röhren, deren Oberfläche nicht polirt ist, fort, weil die strahlende Wärme dann besser in die zu heizenden Räume ausströmt, und zwar nahe am Fußboden und durch die ganze Länge der Zimmer, wodurch der Vortheil einer besonders im unteren Theile der Luft stattfindenden und gleichförmigen Erwärmung erreicht wird. Die Röhren müssen dabei etwas geneigt liegen, um dem Wasser, in das sich der in den Röhren abgekühlte Dampf verwandelt hat, einen Zurückfluß in den Kessel zu gestatten. Auch gewährt diese Art der Heizung in so ferne eine Sicherung gegen Feuersgefahr, als man bei einer durch viele Theile eines großen Gebäudes gehenden Heizung nicht mehr als ein Feuer, das man in einem sehr wohl verwahrten Raume, wie z. B. im Keller anbringen kann, nöthig hat, statt daß sonst alle einzelnen Feuer gleiche Aufmerksamkeit fordern. In manchen Fällen ist auch das eine Annehmlichkeit, daß die Röhren nie so brennend heiß werden, als bei

unmittelbarer Heizung durch Feuer, was besonders da von Wichtigkeit ist, wo man in Fabriken Gegenstände irgend einer Art durch das Anhäufen um diese Röhren oder durch das Aufhängen an denselben trocknen will, die dazu eine gleichmäßige, nicht zu hohe Temperatur erfordern, wie gefärbte Zeuge u. s. w. Vor der Luftheizung hat die Dampfheizung den Vorzug, auf der ganzen Ausdehnung der Röhren eine möglichst gleiche Temperatur zu haben und die Luft nie über + 80° R zu erwärmen.

Von den Dünsten.

Den allgemeinen Unterschied zwischen Dünsten und Dämpfen in Bezug auf die Art ihrer Erzeugung haben wir schon früher kennen gelernt, so wie aus der so eben angeführten Lehre von den Dämpfen die Gesetze, welche Bezugs ihrer gerade so, wie Bezugs der Dämpfe gelten. Es bleibt uns daher nur noch übrig, bevor wir zur Anwendung der Dünste in den Gewerben kommen, einiges Wenige über sie im Allgemeinen anzuführen und besonders die Mittel kennen zu lernen, durch welche die Bildung von Dünsten befördert und verhindert wird.

Nicht blos flüssige Körper, sondern auch feste verdunsten, indem sie gerade zu aus der festen Form zur luftförmigen übergehen und den Uebergang zur flüssigen dabei überspringen, wodurch sich die Verdunstung wesentlich von der Verdampfung unterscheidet. So verdunstet Eis selbst in großer Kälte, was wir aus der Abnahme des Gewichtes, des allgemeinsten Merkmales der Verdunstung, erfahren, ohne zuvor zu schmelzen. Auch ist es eine bekannte Erfahrung, daß gefrorne Wäsche oder gefrorne, frisch geschöpfte Papierbögen trocknen, ohne zuvor in eine höhere Temperatur gebracht zu werden. Eben so verdunsten Kampher, Phosphor, Moschus, Bibergeil ꝛc. nach und nach und alle trockenen Gewürze verlieren durch ähnliche Zerstreuung ihre Kraft. Und da, wie aus dem vom Eise angeführten Beispiele hervorgeht, die Verdunstung selbst in niederer Temperatur noch vor sich geht, so ist leicht ersichtlich, wie beträchtlich die Menge der Verdunstung zu jeder Zeit sich herausstellen müsse. Bei einem erwachsenen Menschen kann man durchschnittlich annehmen, daß die Verdunstung täglich 4 bis 5 Pfund beträgt; bei einem Baum mittlerer Größe an einem Sommertage 30 Pfund u. s. w., so daß nach den Berechnungen berühmter Naturforscher die Ausdünstung aller Pflanzen der Erde in den 6 Sommermonaten so groß ist, daß, wenn die Dünste auf Einmal aus der Atmosphäre als Wasser zurück kämen, die Oberfläche der ganzen Erde davon 4 Fuß hoch bedeckt werden würde.

Dabei sind die Dünste, die ja weiter Nichts als in den luftförmigen Zustand übergegangene Flüssigkeit sind, so verschiedener Natur als die verdunstenden Körper selbst. Weil aber das auf der ganzen Oberfläche der Erde rings umher verbreitete Wasser doch bei Weitem die meiste Menge Dünste liefert, so können wir von diesem Unterschied ganz absehen und unter Dunst allgemein den aus dem Wasser erzeugten verstehen.

Dieser Wasserdunst ist, wie wir bereits früher angeführt haben, so lange er besteht, ob in Gefäßen oder im Freien, vollkommen unsichtbar, zum Unterschiede vom Wasserdampf, der in Gefäßen unsichtbar seyn kann, beim Zutritt der Luft aber sichtbar wird, und die Atmosphäre enthält daher oft eine Menge Wasserdunst, ohne dadurch ihre Durchsichtigkeit zu verlieren; vielmehr besitzt sie in der heißen Zone, wo, wie alsbald ersichtlich, die Bedingungne zur Entwicklung der größtmöglichsten Dunstmenge am Besten erfüllt sind, die größte Klarheit. Zu dieser Unsichtbarkeit des Wasserdunstes kommt noch, daß er sich auch nicht durch das Gefühl von reiner Luft unterscheiden läßt und uns vielmehr als ganz trocken erscheint, wie es keineswegs beim Wasserdampf der Fall ist. Daher kommt es, daß unter dem Aequator die mit Wasserdünsten stark angefüllte Luft das Gefühl als vollkommen trocken anspricht, selbst auf der Fläche des Meeres bei Tage, und daß daher die scheinbare Trockenheit der Luft kein Zeichen von Mangel an Wassergehalt, im Gegentheil oft ein Zeichen von Vermehrung desselben ist.

Statt findet die Verdunstung nur an der freien Oberfläche zum Unterschiede von der Verdampfung, bei welcher auch im Innern der flüssigen Masse sich Dampf bildet. Einzelne Theile der Oberfläche lösen sich von ihr ab und werden unsichtbar, ohne daß eine Bewegung im Innern wahrzunehmen ist. Je höher aber die Temperatur ist, bei welcher die Gase entstehen, desto größer ist ihre Spannung, desto leichter können sie sich erheben, desto besser dem Luftdrucke widerstehen und um so lebhafter erfolgt die Verdunstung. Erreicht die Temperatur der Flüssigkeit den Kochpunkt, so erlangen die Gase eine Spannung, welche der der atmosphärischen Luft gleich kommt und heißen Wasserdämpfe, von denen wir im Vorhergehenden sprachen.

Die entgegengesetzten Mittel von denen, welche die Verdunstung befördern, verhindern dieselbe, wozu noch das kommt, die der Verdunstung fähigen Theile eines Körpers mit solchen Stoffen in Verbindung zu bringen, zu denen sie eine innige Verwandschaft haben. Letztere hält die Ver=

dunstung zurück, wie wir aus den alsbald anzuführenden Beispielen näher ersehen werden.

Man trocknet den Leim auf Netzen, damit die Luft beide Flächen berührt. Denselben Zweck hat das Aushängen der Wäsche und gefärbter Tücher. Man wählt die Gefäße, in welchen die Flüssigkeit schnell verdunsten sollen möglichst flach, und daher die ausgedehnte Form der Kühlbottiche in unseren Brauereien, daher die größere Form unserer Suppenteller, Untertassen rc. Einen gleichen Zweck der Vergrößerung der Oberfläche erreicht man bei Flüssigkeiten auch durch starkes Umrühren und durch heftige Bewegung derselben, so wie durch Uebergießen von einem Gefäße in ein anderes, wobei die Gefäße nicht zu nahe an einander gebracht werden; andere Körper, wie z. B, feuchte Wolle, nasses Heu, Getraide rc. reißt man aus einander und lockert sie dadurch auf, damit die Luft eindringe und auch die inneren Theile berühre.

Das Trocknen der Wäsche u. s. w. wird gar sehr vom Winde befördert, der an dem feuchten Körper vorüber streichen muß, dadurch die schon mit Wasserdünsten gesättigte Luft entfernt und andere zur Berührung und Aufnahme von Feuchtigkeit bringt. Daher sucht man die Wäsche wo möglich in Luftzug zu bringen und legt deßhalb die Gebäude zum Trocknen der Wäsche, so wie die Gradirhäuser bei Salzbergwerken so an, daß sie den herrschenden Winden offen stehen. Diesen Luftzug sucht man nicht selten künstlicher Weise dadurch zu erzeugen, daß man den feuchten Körper selbst in schnelle Bewegung versetzt, wie es bei der Trockenmaschine von Borreux der Fall ist, welche die aufgehängte Wäsche in windstiller Ruhe umdreht. Fehlt uns Streusand, die Tinte auf einem beschriebenen Blatte bald trocken zu machen, so bewegen wir das Blatt rasch in der Luft und erzielen dadurch ein schnelleres Trocknen der Tinte, als wenn wir dasselbe ruhig liegen lassen.

In der Sommerhitze trocknen die feuchten Körper unter übrigens gleichen Umständen viel schneller als im Schatten, in der Nähe des Ofens eines erwärmten Zimmers schneller als in größerer Entfernung davon. Durch künstliche Wärme kann man die Verdunstung beliebig verstärken, worauf die Einrichtung unserer sogenannten Trockenstuben beruht, die für so viele gefertigte Stoffe von der größten Wichtigkeit sind. Man breitet in ihnen die feuchten Körper so viel wie möglich aus durch Gerüste, durch Aufhängen, durch Umdrehung der Zeuge um mehrere Wellen, durch Sieben u. s. w. und bietet ihnen eine + 40 bis 50° R heiße Luft dar, welche nach ihrer Sättigung entfernt und mit neuer vertauscht wird. Die

Heizung geschieht am Besten durch einen Luftofen, welcher erhitzte trockne Luft ins Zimmer bläst.

Durch luftdichten Verschluß wird Bezugs der Verhinderung der Verdunstung das Meiste geleistet. Man bedient sich dazu der Gefäße von Glas, Porzellan und Metall, und schließt deren Mündung mit eingeschliffenen Stopfen derselben Masse, oder mit Kork, Wachspapier, Federharz und Blase. In einigen Fällen gießt man Wasser auf, wie beim Phosphor, in anderen Oel, wie beim Kali. In den Officinen verwahrt man stark riechende Körper in doppelten Gefäßen, indem man das innere fest zugebunden in dem äußeren Deckelgefäße umstürzt.

Zu gleichem Zwecke sucht man lockere Körper, die verdunstende Theile enthalten, durch Drücken und Schlagen möglichst zu verdichten, wodurch sie sich gleichsam selbst als Verschluß dienen und nur einer Hülle zum Schutz der äußeren Theile bedürfen. So wird z. B. der Cichorienkaffee in Tuten eingestampft und Schnupftaback, Thee, Safran u. s. w. in Büchsen gepreßt.

Die bereits erwähnte Eigenschaft der Luft, bei einer gewissen Temperatur nur eine bestimmte Menge Dunst aufzunehmen, benutzt man gleichfalls zur Verhinderung der Verdunstung eines Körpers dadurch, daß man ihn mit Körpern umgibt, die stärker und schneller als er verdunsten und so bald den Sättigungszustand der Luft herbei führen. Das Flüchtige wird durch das Flüchtigere zurückgehalten, weil dieses dann vorzugsweise die umgebende Luft sättigt. So pflegen z. B. die Gärtner das zum Verkauf ausgestellte Gemüße durch Besprengung mit kaltem Wasser vor dem Welken zu bewahren und die alten Römer wußten schon, daß Wallnüsse nicht vertocknen und Jahrelang frisch bleiben, wenn man sie mit Zwiebeln vermengt.

Was die Verhinderung der Verdunstung durch Anziehung betrifft, so versetzt man die Körper, welche feucht bleiben sollen, mit Salzen, wie es z. B. bei dem Schnupftaback, auch Rauchtaback der Fall ist. Auf gleiche Weise wird das Verdunsten des Terpentinöls Jahrelang aufgehalten, wenn es von Federharz eingesogen ist, zu dem es einige, auf der Natur ihrer Stoffe gegründete Verwandschaft hat.

Schließlich ist noch zu bemerken, daß selbst durch Hüllen, die nicht luftdicht sind, die Verdunstung dennoch gehemmt werden kann, wenn der Stoff der Hülle zu dem verdunstenden Körper keine Anziehung besitzt, und hierauf beruhen die merkwürdigen Erfahrungen, die man über die Weinverstärkung gemacht hat. In offenen Gefäßen verdunstete der Branntwein

über die Hälfte und verlor allen Weingeist, welcher in der Luft verflog. In Gefäßen, welche mit Federharz zugebunden waren, verdunstete in derselben Zeit mehr Weingeist als Wasser und der Branntwein wurde schwächer; geschah das Zubinden der Gefäße mit Rindsblase, so verflog mehr Wasser als Weingeist und der Branntwein wurde stärker; war aber diese Blase mit aufgelöster Hausenblase bestrichen, so verflog noch mehr Wasser als Weingeist und der Branntwein wurde noch stärker. Lohgares Leder als Decke angewendet ließ wohl Wasser, aber nichts vom Weingeiste verdunsten, wodurch der Branntwein ungemein verstärkt wurde. Aus diesem Grunde führen Spanier und Portugiesen den Wein auf Reisen in Lederschläuchen mit sich, wie die alten Griechen gleichfalls thaten und es ist leicht erklärlich, warum die Alten solch aufbewahrten Wein erst in den sogenannten Mischkrügen mit Wasser verdünnten.

Bei jedem Uebergange der Körper aus dem tropfbar flüssigen Zustande in den ausdehnsam flüssigen wird Wärme gebunden, die der Umgebung entzogen wird, und je lebhafter daher die Verdunstung vor sich geht, was besonders statt findet, wenn die Luft noch weit von der Sättigung mit Wasserdunst entfernt ist, um so bedeutender ist die durch sie erzeugte Abkühlung. Sehr flüchtige Körper, die schnell verdunsten, erzeugen eine desto größere Erkältung, und daher wird unsere Hand empfindlicher erkältet, wenn man sie mit Alkohol oder Kampherspiritus benetzt, als mit Wasser. Noch flüchtigere Stoffe steigern die Erkältung bis zum Gefrierpunkte, wie es z. B. der Fall ist, wenn man Wasser in sehr dünn geblasene Tropfengläser bringt und diese von allen Seiten mit Schwefelphosphor oder Schwefelkarbon betröpfelt. Eine solche durch Verdunstung bewirkte Abkühlung soll in einigen heißen Ländern Asiens sogar zu einer furchtbaren Todesstrafe benützt werden. So viel aber ist gewiß, daß man in diesen heißen Ländern, besonders in Indien, das Wasser durch seine eigene Verdunstung zum Gefrieren bringt, wenn man sich der drei Mittel zur Beförderung derselben: der Wärme, der Vergrößerung der Oberfläche und der Vermehrung des Luftzugs zu gleicher Zeit bedient. Dieß geschieht nun besonders in Patno, Benares und Calcutta, wo die Eisbereitung als Gewerbe betrieben wird, auf folgende Weise: Auf einem Hügel, den die Winde von allen Seiten bestreichen können, gräbt man etwa zwei Fuß tiefe Gruben, füllt diese mit Maisstengeln, Zuckerrohr oder Stroh aus und stellt darauf sehr flache, unglasirte Schaalen von locker gebranntem Thon zu Tausenden in Reihen.. Nach Mitternacht füllt man sie mit heißem Wasser. Die Verdunstung des durchseihenden Wassers wird nun dadurch

so beschleunigt, daß man bei einer hellen, heiteren Nacht jede Schaale mit einer dünnen Eisrinde bedeckt findet. Ohne Verzug sammelt man diese in hölzerne Deckelgefäße und bringt sie so auf den Markt zum Verkauf. Das Wasser strahlt in einer heiteren Nacht gegen den Himmelsraum mehr Wärmestoff aus, als ihm die zwar wärmere, aber sehr schlecht leitende Luft durch Leitung wieder ersetzen kann. Dadurch und durch die auf obige Weise erfolgende schnelle Verdunstung kann die Temperatur des Wassers viele Grade unter die der Luft herabsinken und somit ein Gefrieren des Wassers zu Wege bringen.

Genau mit dieser künstlichen Bildung der Eises ist die Entstehung des Thaues und Reifes verwandt, worauf wir später zurück kommen werden.

Ferner haben wir noch beim Schlusse dieses Abschnitts über den Einfluß der Wärme in den Gewerben daran zu erinnern, daß auch die Kenntniß von den verschiedenen Leitungsfähigkeiten der Körper für Wärme von großem Nutzen ist, indem man sich durch sie sehr viele Erscheinungen erklären und von ihr mancherlei Anwendungen machen lassen. So lassen Gefäße aus guten Wärmeleitern die Wärme eben so leicht aus, als ein, und eignen sich daher vorzugsweise zu Abkühlungsgefäßen. Wird daher bezweckt, heiße Körper schnell erkalten zu machen, so dienen dazu dünn geschlagene Metallgefäße, die man, wenn sie tragbar sind, auf gute Wärmeleiter stellt, oder mit solchen umgibt. In Laboratorien stellt man die Kühlgefäße auf Marmor- oder noch besser auf Eisenplatten. Kaffetrommeln und Cichorienpauken kühlt man in feuchtem Sande. Feuergeräthe versieht man mit hölzernen Handgriffen zur Abhaltung der Hitze und gleichen Dienst leistet den Feuerarbeitern die harte schwülige, die Wärme schlecht leitende Haut ihrer Hand, wenn sie, ohne sich zu verbrennen, glühende Kohlen in dieselbe nehmen. Dasselbe kann Jeder thun, der sich vorher die Hand mit Asche, ebenfalls einem schlechten Wärmeleiter, stark bestreuet hat.

Endlich beruht auf dem großen Wärmeleitungsvermögen der Metalle die Anwendbarkeit von sehr feinen Metalldrahtgeweben, um brennende Gasarten so stark abzukühlen, daß ihnen dadurch die zum Fortbrennen nöthige Temperatur entzogen wird. Dieses ist bei der von dem berühmten, englischen Naturforscher Davy erfundenen Sicherheitslampe der Fall, einer gewöhnlichen Oellampe, die ringsherum mit einem aus sehr feinem Metalldraht enge gefertigten Drahtgewebe umgeben ist, so daß die äußere Luft nur durch die engen Oeffnungen des Gewebes zutreten und auf keinem anderen Wege zur Flamme kommen kann. Die Abkühlung der inneren Flamme durch das feine Drahtgewebe ist so stark, daß sie selbst durch das glühende

Gewebe nicht mehr hindurch zu schlagen und einen brennbaren Körper außerhalb des Gewebes zu entzünden im Stande ist, was eben so wenig durch die geringe Hitze des Drahtes statt findet. Die brennbare Luft verbrennt nur innerhalb des Drahtgewebes, auf den umgebenden Raum dehnt sich die Entzündung nicht aus. Mit einer solchen Lampe läßt sich ohne Gefahr an Orten verweilen, die mit brennbaren Luftarten, sogenannten schlagenden Wettern, erfüllt sind, wie dieß in den Kohlenbergwerken der Fall ist, was früher keineswegs also war, sondern wo durch das Grubenlicht des Bergmanns diese Luftarten entzündet und Explosionen veranlaßt wurden, durch welche oft ganze Strecken der Bergwerke verschüttet, die in der Tiefe arbeitenden Bergleute aber entweder durch die Explosion selbst verstümmelt oder getödet, oder durch das Einstürzen der Zugänge aller Hilfe beraubt wurden. Deßhalb ist sie auch in allen Kohlenbergwerken, wo man Gegenden kannte, die nie ohne Gefahr besucht werden konnten und wo der Bergmann kein anderes Licht als die einzelnen Funken eines Feuer gebenden Stahls hinbringen durfte, mit großem Vortheile eingeführt und längst als eine der segensvollsten Erfindungen anerkannt worden.

C. Wie der Mensch sich des Einflusses der Wärme bemeistert und die Wärme gehörig verwendet Bezugs der organischen Natur in der Landwirthschaft.

Das organische Leben der Thiere und Pflanzen erfordert, wie wir bei der Lehre von der Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche kennen lernten, zu seinem Bestehen einen gewissen Grad der Wärme. Wird dieser Grad der Wärme überstiegen, so sterben die Thiere vor Hitze und die Pflanzen verwelken und verdorren; sinkt die Temperatur der Luft unter diesen Grad herab, so erfrieren Thiere und Pflanzen, was besonders von unseren Hausthieren gilt und jenen Pflanzen, die unserem Clima nicht eigenthümlich sind. Es ist demnach Sache des Landwirths, für das Erhalten und Gedeihen der Hausthiere und der Pflanzen in der Art zu sorgen, daß er dem Einflusse allzugeringer und allzugroßer Hitze zu begegnen und das rechte Maaß der Wärme zu erhalten sucht.

So bald die strenge Jahreszeit naht, die ihm dichtere Kleider anzulegen und Fenster und Thüren seines Zimmers zu verdoppeln heißt, besorgt der Oekonome auch die Wohnung seiner Thiere und Pflanzen und besonders

die Bekleidung der letzteren. Alle Oeffnungen der Ställe werden, mit Ausnahme der verschließbaren, sorgfältig mit schlechten Wärmeleitern, wie Heu, Stroh, Moos 2c. verstopft und die kalten steinernen Wände des Stalls, sei es von Innen oder von Außen, mit einer zweiten Wand, gewöhnlich aus Moos und Streu oder selbst trockenem Dünger, überkleidet. Der treue Hund erfreut sich seiner mit Heu und Stroh gut ausgefütterten und überdeckten Hütte, so wie nicht minder das Hofgeflügel eines zug- und windfreien Stalles und Schlages. Zartere Bäumchen und Pflanzen als Topfgewächse werden in die Treibhäuser, oder in warme Gewölbe, selbst in Keller gebracht, deren Oeffnungen durch Stroh und Mist wohl verschlossen sind; die im Freien befindlichen jungen Bäume aber mit warmen Kleidern versehen durch Einbinden mit Heu, Stroh, Moos u. s. w., so wie nicht minder die Weinstöcke, welche nicht selten auch ganz mit hoher Erde überdeckt werden. Stärckere Bäume trotzen schon mehr der Kälte und dieß besonders vermöge der Wärmeleitungsfähigkeit des Holzes, welche in der Richtung der Fasern viel größer ist als gegen dieselbe, so daß sie lange bedeutende Temperaturerniedrigung aushalten können, ohne zu erfrieren. Dieß ist jedoch bei denen nicht der Fall, welche wild wachsend nur in einem wärmeren Klima vorkommen, wie z. B. bei uns bei Pfirsichbäumen, Mandel-, Aprikosen-Bäumen 2c., welche uneingebunden keine längere niedrige Temperatur ertragen, ohne zu Grunde zu gehen, wie es im Laufe des Winters 1844 bei uns leider der Fall war. Andere Pflanzen, namentlich die Wintersaaten überläßt er der gütigen Natur zur Bedeckung und zum Schutze vor dem feindlichen Froste, was diese durch eine nicht allzu dünne Decke Schnee am Besten und Einfachsten erreicht. Nur an den Stellen, wo diese Decke weggeschmolzen ist, wie neben dunkeln Baumstämmen und Pfählen, deren dunkle Farbe die Wirkung der Sonnenstrahlen vergrößert, sucht er durch Anhäufen von neuem Schnee das Winterkleid der Erde gleichsam auszubessern, um auch diese Theile seiner Saat vor dem Erfrieren zu bewahren.

Wird das Zugvieh zur strengen Jahreszeit stark benützt, etwa zum Fahren des Holzes, das zu dieser Zeit wegen Rücktritt der Säfte am vortheilhaftesten gefüllt wird, so verläßt dasselbe nie den Stall ohne mit nahrhaftem Futter gehörig versorgt und dadurch zur Ertragung größerer Kälte befähigt zu seyn, wie wir früher kennen lernten. Uebrigens richtet er sich beim Fällen des Holzes nach der bekannten Bauernregel: Das Fällen des Holzes, besonders des Bauholzes, nur im abnehmenden Monde vorzunehmen. Sorgfältig angestellte Beobachtungen ergaben nämlich, daß die aufwärts steigende Kraft des Saftes während des zunehmenden Mondes bei Weitem

größer ist, als zur Zeit des abnehmenden. Als Grund hievon läßt sich angeben, daß in der ersteren Periode die Einwirkung des Sonnenlichtes auf den rascheren Umlauf des in den Bäumen befindlichen Saftes vom Lichte des Mondes, der zu dieser Zeit beim Sonnenuntergang sich stets über dem Horizont anwesend befindet, fortgesetzt und längere Zeit noch erhalten wird, was nicht mehr der Fall sein kann, wenn der Mond in der Periode seines Abnehmens erst mehrere Stunden nach dem Untergang der Sonne über den Horizont heraufsteigt, während welcher ein Rücktritt der Säfte bereits statt gefunden hat. Darum ist das kurz vor dem Vollmonde geschlagene Holz schwammiger und auch den Angriffen der Würmer mehr ausgesetzt; darum trocknet es auch schwerer und bekommt schon bei unbedeutenden Aenderungen der Temperatur Risse, als das im abnehmenden Mond gefällte, in welchem der Saft sich mehr zurückgezogen hat. Das unverhältnißmäßig raschere Pflanzenleben in der heißen Zone gestattet in dieser Beziehung noch viel größere Einwirkungen, als das unsrer gemäßigten. Und so gibt z. B. auf Demargra, einer westindischen Insel, der Walloba, ein dem Mahagoni ähnlender Baum, zur Zeit des Neumondes gefällt ein äußerst dauerhaftes Bauholz, wogegen derselbe Baum, in der Periode des Vollmondes geschlagen, regelmäßig schnell verfault und bald verstocktes Holz gibt.

Naht sich der Frühling und hat der größte Theil des Schnees die Saaten verlassen, so sucht der thätige Landwirth den Schnee auch jene Stellen verlassen zu machen, die er noch einnimmt, dadurch, daß er schwarze Erde auf ihn wirft. So wie eine schwarze Stelle eines Blattes Papier durch ein Brennglas leichter entzündet wird, als eine helle, so wird auch der schwarze Erdboden mehr durch die Sonnenstrahlen erwärmt, als der weiße Schnee, welcher, wenn er unter ersterem befindlich ist, nothwendig zu schmelzen beginnen muß. Diese Mühe, das Saatfeld gänzlich von Schnee zu reinigen, hält er nicht der Erwähnung werth, wenn er bedenkt, welchem Ungemach er ausgesetzt wäre, wenn der Schnee diese Eigenschaften des langsamen Schmelzens in Folge des Verbrauchs von vieler Wärme, wovon wir schon früher sprachen, nicht hätte. Ueberschwemmungen würden in jeden Jahre, in dem viel Schnee fiel, in dem Maaße eintreten, wie er sie noch nicht gekannt hat.

Nun geht es an die Bestellung der Frühbeete in den Glaskästen, die gegen Mittag liegen und mit Glasfenstern aus dünnem Glase bedeckt sind. Dieses wirft die auffallenden Sonnenstrahlen nur in geringer Anzahl zurück, verschluckt sie in noch geringerer und läßt die größte davon hindurch, wodurch es geschieht, daß die im Kasten befindliche Luft, so wie die Boden=

fläche sehr bedeutend erwärmt und zum Hervorrufen neuen Wachsthums geschickt gemacht wird. Zarte, dem Erfrieren leicht ausgesetzte Pflanzen werden mit Glasglocken bedeckt, um sie vor plötzlicher Wärmeeinwirkung und rascher Abkühlung sicher zu bewahren. Auch thut man besser, zartere Pflanzen lieber auf Hügeln, als in der Ebene oder im Thale anzubauen, weil auf Hügeln die Frühlingsnachtfröste viel weniger nachtheilig einwirken. Die Erfahrung lehrt nämlich, daß nur die nahe an der Erdoberfläche liegenden Lufttheilchen in der Nacht bedeutend abgekühlt werden, während die höher liegenden sich viel wärmer erhalten. Nun verlieren allerdings auch die an Hügeln stehenden Pflanzen durch Ausstrahlung während der Nacht ihre Wärme und entziehen den benachbarten Luftheilchen die ihrige, allein diese Lufttheilchen werden sogleich schwerer, als die ihnen benachbarten und sinken hinabwärts, andere wärmere treten an ihre Stelle, denen die Pflanze wiederum Wärme entzieht und so geschieht dieß nach und nach mit einer Menge von herabsinkenden Lufttheilchen, wodurch diese höher liegenden Pflanzen nicht so kalt werden, als die in der Ebene befindlichen, welche nur einmal durch die sich auf ihnen niederlegenden Lufttheilchen Zufluß neuer Wärme erhalten.

Schutz gegen die Nachtfröste gewährt man den Bäumen, wenn man Strohseile von den Bäumen herab in ein unter den Bäumen befindliches Gefäß mit Wasser führt. Das Wasser entbindet bei seiner Verwandluug in Eis eine bedeutende Menge Wärme, welche die Temperatur der in seiner Nähe befindlichen Gegenstände nicht so weit herabgehen läßt, als zum Gefrieren derselben erforderlich ist. Die Strohseile dienen zwar nicht, wie man gewöhnlich annimmt, als Ableiter der Kälte, sondern sie machen die Luft nur minder beweglich, wenn kein Wind herrscht, und hindern dadurch das Fortführen des in der Nähe des Wassers erwärmten Theiles.

Wird die Wärmeausstrahlung des Bodens, welche wir schon früher erwähnten, durch heitere, windstille Nächte begünstigt und sinkt dadurch die Temperatur der Körper so bedeutend unter die der atmosphärischer Luft, daß das in derselben befindliche Wassergas nicht mehr im Stande ist, sich luftförmig zu erhalten, sondern gezwungen wird, sich tropfbar flüssig an den erkalteten Körpern nieder zu schlagen, so ist es an der Zeit, zarte Pflanzen durch Matten, die selbst in der Entfernung von mehreren Fuß über denselben ausgespannt werden, vor dem nächtlichen Erfrieren zu schützen, ja in den Weingegenden zu gleichem Zwecke selbst Feuer und zwar sogenannte Schmauchfeuer anzumachen durch Verbrennung von feuchten Sägespänen, faulem Holze, Moos und Blättern, die vielen Rauch geben, welcher eine

mäßige Wärme weit hin verbreitet. Durch die erwähnten Matten wird keineswegs den darunter befindlichen Pflanzen Wärme mitgetheilt, sondern nur das Ausstrahlen ihrer Wärme gegen den reinen Himmelsraum verhindert, der keine Wärmestrahlen wieder zurück gibt, wie es bei den Matten der Fall ist. Man nennt die tropfbare Flüssigkeit, welche sich an den Körpern niederschlägt, den Thau, welcher nicht selten so erkaltet, daß er gefriert und den Reif bildet. Die Körper bethauen demnach auf dieselbe Weise, wie wir zur Winterszeit die Fenster unserer Wohnzimmer an der innern Seite sich beschlagen oder im Sommer ein Glas frisches Wasser an der äußern Seite anlaufen sehen. Das in der Luft enthaltene, unsichtbare Wassergas schlägt sich an den kalten Körpern, die ihm seine Wärme entziehen, als tropfbarflüssiger Körper in Gestalt von kleinen Tropfen nieder und dieß um so mehr, je kälter die Körper sind. Daher begünstigen alle Umstände, welche dazu beitragen, die Oberfläche eines Körpers zu erkalten, die Thaubildung. Dahin ist nun vor Allem nach Sonnenuntergang eine ruhige Luft und ein klarer wolkenfreier Himmel, dem die Körper ausgesetzt sind, zu rechnen. Letzterer nimmt, wie schon erwähnt, die von den Körper ausgehenden Wämestrahlen auf und sendet keine zurück, weil das Strahlungsvermögen der Gase sehr gering ist, so daß die Körper dadurch um mehrere Grade unter die Temperatur erkalten, welche in der Höhe von wenigen Fuß über ihnen statt findet. Diese Erkaltung tritt nun bei den Körpern um so mehr ein, je besser sie die Wärme ausstrahlen und je schlechtere Wärmeleiter sie sind, was von allen organischen, dunkeln und auf der Oberfläche rauhen Körpern gilt, und deshalb bethauen diese viel mehr, als die metallischen, glänzenden und auf der Oberfläche polirten. An Baumwolle, thierische Wolle, Federn, Gras, spitze Holzfasern u. s. w. hängen sich daher die Thautröpfchen am dichtesten an, weniger an Glas, Steine und Metalle und zwar weniger an polirtes Glas als an matt geschliffenes und unter den Metallen am meisten an Platina, am wenigsten an Silber und Gold. Bei trübem Himmel ist die Wärmeausstrahlung sehr unbedeutend und die Wolken werfen ihrerseits Wärme wieder zurück; eben so bei windigem Wetter, wo die die Körper umgebenden kalten Luftschichten stets durch neuere, wärmere ersetzt werden. Daraus geht nun auch hervor, daß die Landwirthe nicht ohne Grund dem Monde einen Einfluß auf die eben keimenden Pflanzen zuschreiben und sich bei der Aussaat nach dem Stande des Mondes richten, dessen Licht die Wärmeausstrahlung der Körper befördert, und warum nur eine leichte Decke über zarte Pflanzen auf den Gartenbeeten gezogen das Erfrieren der jungen Gewächse verhindert. Je feuchter unter übrigens gleichen Umständen die Luft

ist, desto größer ist die Menge Thau, welche in einer gegebenen Zeit herabfällt. Daher fehlt er ungeachtet der starken Erkaltung während der ganz heiteren, windstillen Nächte in trockenen Wüsten gänzlich, ebenso im Innern großer, wasserarmer Länderstrecken und erscheint am reichlichsten in Küstengegenden. Thaureiche Nächte sind daher sichere Vorboten baldigen Regens, indem sie anzeigen, daß die Luft viel Feuchtigkeit enthält, also leicht ein Niederschlag derselben eintreten kann. Sie stellen sich am häufigsten im Frühjahr und Herbst ein, weil zu diesen Zeiten der Unterschied zwischen der Tags- und Nachttemperatur am größten ist, wie es die Bildung des Thaues erfordert, die wir so eben kennen gelernt haben.

Diese mitgetheilte Kenntniß fordert uns hier auf, auch noch über einige andere Erscheinungen in der Atmosphäre, welche auf der Wärme und Kälte beruhen und die vorzüglich Oekonomen von Wichtigkeit sind, kurze Erläuterungen zu geben und mit einem Instrumente bekannt zu machen, das Bezugs der zu erwartenden ob trockenen, ob feuchten Witterung mehr leistet, als das Barometer, oder das fälschlich sogenannte Wetterglas. Diese Erscheinungen betreffen nun den Nebel, die Wolken, den Regen, den Schnee, die Schloſſen und den Hagel.

Der Nebel und die Wolke sind verdichtete Wasserdünste, welche sich nur durch die Höhe von einander unterscheiden, in welcher sie sich über der Erdoberfläche befinden. Der Nebel ist eine niedrig schwebende Wolke; die Wolke ein in höhern Luftregionen schwebender Nebel. Beide entstehen durch Erkaltung des Wassergases, wodurch es zu Wasserdunst verdichtet wird. Die dazu erforderliche Kälte schreibt sich theils von der bei der allgemeinen Abkühlung der Atmosphäre nach Sonnenuntergang eintretenden Kälte her, theils der Kälte der obern Luftregionen, welche das aufsteigende Wassergas von selbst erreicht, theils von der Kälte der Winde, welche sich mit wärmerer an Wassergase reichen Luft mengen. Die gewöhnlichsten Wolken mögen wohl dadurch entstehen, daß die unteren mehr erwärmten und also leichteren Luftschichten sich erheben und das gleichzeitig entstandene Wassergas mit sich nehmen. Die Nebel über Gewässern nach Sonnenuntergang bilden sich dadurch, daß die kältere Luft des die Wärme schneller ausstrahlenden Landes sich in die wärmere Luft über der Oberfläche des die Wärme langsam ausstrahlenden Wassers stürzt und das über dem Wasser befindliche Wassergas verdichtet.

Der Regen ist ein durch Abkühlung der Luft herbeigeführter Niederschlag des die Wolken bildenden Wasserdunstes. Die Wasserbläschen vereinigen sich zu Tropfen, welche wegen ihres größeren Gewichtes im Vergleich

mit der Luft herabfallen. Da nun die meisten Wolken der Natur der Sache nach sich über der Oberfläche des Wassers bilden und der Regen wohl immer aus Wolken fällt, die der Wind herbeigeführt hat, so ist daraus leicht zu erklären, warum es bei uns gewöhnlich dann am häufigsten regnet, wenn der Wind von der See, besonders dem atlantischen Meere, her zu uns kommt.

Der Schnee entsteht wahrscheinlich dadurch, daß die Wassertröpfchen, welche sich aus dem Wasserbläschen der Wolken bilden, gefrieren und sich an einander hängen. Der Schnee besteht aus äußerst kleinen nadelförmigen Krystallen, die bei ruhiger Luft als sehr schöne Eissternchen, bei unruhiger dagegen zerstückelt oder als sogenannte Flocken zur Erde fallen. Bei recht kalter Luft sind die Flocken klein, bei wärmerer, hauptsächlich bei Thauwetter, groß. In dieser thauen nämlich die kleinen Schneekrystalle an ihren Kanten ein wenig auf und es hängen sich dann beim Herabfallen leicht mehrere Flocken an einander. Die Schloßen sind gefrorne Regentropfen. Sie sind undurchsichtige Eiskügelchen, in deren Mitte sich ein weißer, durchsichtiger Kern, welcher der eigentliche gefrorne Regentropfen zu seyn scheint, befindet. Dieser Kern vergrößert sich durch die undurchsichtige Kruste, welche das an ihm während des Fallens sich niederschlagende, in festen Zustand übergehende Wassergas bildet. Gefrieren die Schloßen zusammen, so entsteht dadurch der Hagel, dessen Körner nicht selten die Größe von Tauben- ja selbst Hühner-Eiern erhalten und oft ganze Saaten vernichten. Nach den bisher gemachten Erfahrungen hagelt es fast nur im Sommer und selten zur Nachtzeit.

Bei der fortwährenden Verdunstung des Wassers auf der Erdoberfläche und der Leichtigkeit des Wasserdunstes muß die unsere Erde umgebende Atmosphäre allmählig mit Dünsten so erfüllt werden, daß sie endlich die größte Menge besitzt, die sie nur aufzunehmen im Stande ist. Aendert sich dann die Temperatur, so verdichtet sich entweder ein Theil der Dünste wieder zu Tropfen und fällt als Regen wieder auf die Erde herab, oder die Atmosphäre geht in einen Zustand über, in welchem sie eine noch größere Quantität von Dünsten aufzunehmen vermag, wie wir aus früheren Untersuchungen über die Dämpfe und Dünste kennen gelernt haben. Das Erstere ist der Fall, wenn die Temperatur sinkt, das Letztere wenn sie steigt. Niederschlägen von Feuchtigkeit in der Luft muß daher stets eine Temperaturerniedrigung vorangehen, und diese wird um so weniger statt zu finden haben, in je höherem Maaße die Luft mit Wasserdünsten gesättigt ist. Wissen wir nun, um wie viel Grade die Temperatur der Luft

erniedriget werden muß, bis ein Niederschlag ihrer Wasserdünste erfolgt, so läßt sich hieraus ein Schluß auf die in der Luft enthaltene Dunstmenge ziehen und mit einiger Wahrscheinlichkeit auf kurze Zeit voraus bestimmen, ob es bald zu einem Niederschlag des in der Luft enthaltenen Wasserdunstes, d. h. zu einem Regen kommen wird. Diese zum wirklichen Niederschlage nothwendige Temperaturerniedrigung lernt man nun leicht an einem Instrumente kennen, Hygrometer, (Feuchtigkeitsmesser) genannt, das ganz die Einrichtung unserer Thermometer hat, nur mit dem Unterschiede, daß die Röhre gebogen ist und die Kugel, wie bei den gewöhnlichen Barometern, aufwärts steht. Mitten auf der Oberfläche der Kugel bringt man (Fig. 21.) einen polirten Goldring mn an und umhüllt von ihm aus an den oberen Theil mon der Kugel mit Mussellin. Will man nun das Instrument gebrauchen, so liest man zuvor die Temperatur ab, welche die Luft hat; dann gießt man vorsichtig Aether tropfenweise auf den Mussellin, was zur Folge hat, daß derselbe bei seiner Verdunstung viel Wärme der Kugel bindet, diese also bedeutend erkaltet, das Queckfilber sich zusammen zieht und das Thermometer verhältnißmäßig sinkt. Bei dieser durch das Verdunsten des Aethers bewirkten, allmähligen Erkaltung der Kugel wird nun auch der Zeitpunkt eintreten, wo die in der Luft enthaltenen Wasserdünste sich an der erkalteten Kugel, besonders an dem goldenen Streifen, niederschlagen. Sobald dieses geschieht, beobachtet man die Temperatur, welche das Thermometer angibt, und erhält durch den Vergleich dieser mit der gewöhnlichen Lufttemperatur die Abnahme, welche die Temperatur erleiden muß, bis ein Niederschlag in ihr erfolgt. Je geringer diese ist, um so leichter tritt Regen ein und umgekehrt, so daß sich also daraus ersehen läßt, ob gewisse landwirthschaftliche Verrichtungen, die zum Gelingen eine wenn auch nur kurze Zeit andauernde Trockne erheuschen, wie z. B. das Mähen der Wiesen Behufs des Heumachens, vorzunehmen sind.

Die Hitze des Sommers benützt der Oekonom besonders zum Austrocknen feuchter Körper in der Luft, wie z. B. des Torfes und Holzes die ihm als Brennmaterial später dienen sollen, und nicht selten sucht er die Wirkung der Sonnenstrahlen auf Gewächse, welche zu ihrem Gedeihen eine höhere Temperatur als die seines Clima erfordern, dadurch zu verstärken, daß er die rauhen, mit ihrer breiten Seite nach Süden gekehrten Wände, an welchen diese Gewächse sich befinden, schwarz anstreicht, wodurch bekannterweise eine größere Erwärmung der Wand und von dieser eine stärkere Wärmemittheilung an die nächste Umgebung erfolgt. Er sucht Schutz gegen sie im Schatten der Bäume, in Lauben und Bogengängen,

und in grün umrankten Fenstern. Denn nicht nur ist er in deren Schatten vor den Sonnenstrahlen gesichert, sondern diese organischen Körper erzeugen in der That selbst einen geringen Grad von Kälte und zwar dadurch, daß auf den Oberflächen ihrer Blätter die Verdunstung flüssiger Theile, die sie ausschwitzen, erfolgt und dadurch der Umgebung Wärme entzogen wird. Gleiche Wohlthat des Schattens läßt er auch den Pflanzen angedeihen, deren Erhaltung er besonders beabsichtiget, und sucht die Einwirkung der größeren Hitze auf dieselben dadurch zu schwächen, daß er sie öfters mit Wasser besprengt, dessen Verdunsten die Temperatur der Pflanzen bedeutend erniedriget. Auf letztere Weise werden die Wurzeln aus dem Boden genommener Pflanzen vor dem Vertrocknen bewahrt und Gemüse frisch erhalten, wie wir bereits früher schon erwähnt haben.

D. Wie der Mensch die rechte Anwendung und den mannichfachen Gebrauch von der Wärme in seinem Haushalte zu machen sich bestrebt.

Wie bei der Betrachtung des Einflusses und der Verwendung der Wärme in den Gewerben wird es auch hier am Besten seyn, die einzelnen Beispiele von der Anwendung und dem Gebrauch der Wärme im Haushalte einmal mit den Wirkungs- und dann mit den Verbreitungsarten der Wärme in Verbindung zu bringen, um über das Ganze also eine bessere Uebersicht zu bekommen und weniger versucht zu werden, in Wiederhohlung der einzelnen Gesetze, die dabei in Anwendung kommen, zu verfallen.

Wärme dehnt die Körper aus, Kälte zieht sie zusammen.

Die metallenen Verzierungen neuer Möbel springen aus, indem durch Wärmezunahme das Metall sich ausdehnt, das feuchte Holz aber sich wegen seines Verlustes an Wasser zusammenzieht. Ist ein Spiegel in frisches Holz eingerahmt und befindet sich das Brett der Rückwand in fester Verbindung mit dem Rahmen, so kann in einem geheizten Zimmer durch die in Folge der Austrocknung statt findenden Zusammenziehung des Holzes der Spiegel leicht zerbrochen werden. Letzteres geschieht auch, wenn man sich dem Spiegel zu sehr mit einem brennenden Lichte nähert. Man hüte sich, in kaltes Glas eine heiße Flüssigkeit zu gießen, eben so in kaltes

Porzellan und Steingut, wenn man nicht das Zerspringen des Gefäßes in Folge der ungleichförmigen Ausdehnung der mehr oder minder erwärmten Theile befürchten will. Lassen sich metallene Kochgeschirre im kalten Zustande nur mit Mühe durch die Ofenthüre in den Heizkasten bringen, so ist es vergebliche Mühe, sie erwärmt aus dem Ofen entfernen zu wollen. Das Krachen der eisernen Oefen und metallenen Dächern, so wie das gleichfalls mit heftigem Krachen bei strenger Kälte auf Seen und Flüssen erfolgende Zerreißen des Eises ist ebenfalls eine Wirkung der Ausdehnung sowohl, als der Zusammenziehung. Eiserne Kessel und große metallene Pfannen müssen so eingemauert werden, daß zwischen ihnen und der festen Wand ihrer Umgebung ein kleiner Zwischenraum sich befindet. Metallsaiten dehnen sich beträchtlich durch die Wärme aus, und daher wird ihr Ton in erhöhter Temperatur tiefer, in niedrigerer aber höher. Man vermeide daher Instrumente mit solchen Saiten in die unmittelbare Nähe des Ofens zu stellen, so wie überhaupt die Temperatur des Zimmers von der, bei welcher sie genau gestimmt wurden, zu verändern, wenn man eine ganz reine Stimmung erhalten will.

Auf der Ausdehnung der Flüssigkeiten durch die Wärme und ihrer Zusammenziehung durch die Kälte beruhet die Einrichtung und der Gebrauch unserer Thermometer in Hospitälern, Gewächshäusern, Trockenstuben, Gährstuben, Brenn- und Schmelzöfen, Bädern, allerlei Arten Kessel u. s. w., so wie nichts desto weniger die Heizung durch erwärmtes Wasser, welche wir schon früher erwähnten. Handschuhe und Strümpfe, so wie Stiefeln, die gut anliegen, werden uns zu enge, wenn wir uns lange in der Sonnenhitze befinden vermöge der größeren Ausdehnung der flüssigen Körper Bezugs der festen. Sollen Flüssigkeiten mäßig erwärmt werden, so fülle man die Gefäße nicht ganz damit an, um ein Ueberlaufen derselben zu vermeiden. Will man ein zu reinigendes Zimmer fein einsprengen, so bediene man sich dazu erwärmten Wassers, das gleichsam aufgelockert ist und kleinere Tropfen als kaltes bildet.

Die Einrichtung des Luftthermometers, des Differenzialthermometers, des Puls- und Wasserhammers, so wie die Heizung mit erwärmter Luft beruhet auf der Ausdehnung auch der luftförmigen Körper durch die Wärme. Bringt man fest zugekorkte Bier- oder Weinflaschen von einem kalten Keller in ein warmes Zimmer, so werden nicht selten durch die Ausdehnung der von ihnen eingeschlossenen Luft die Korke fortgeschleudert, oder, wenn dieselben zu fest aufsitzen, die Flaschen selbst zersprengt. Streichelt man eine mit Champagner gefüllte Flasche mit warmer Hand, so reicht die da=

durch der Flasche mitgetheilte Wärme hin, die vom Weine eingeschlossene kohlensaure Luft so auszudehnen, daß sie den Kork fortschleudert. Kastanien schlitzt man auf, bevor man sie auf den erwärmten Ofen bringt, und zum Theil mit Sand gefüllte sogenannte Kutterkrüge, die man erwärmt, um sie als Bettwärmer zu gebrauchen, bringt man nicht ganz verschlossen in die Röhren oder auf den Ofen, wo sie warm werden sollen. Bei völliger Windstille entsteht bei einer Feuersbrunst stets eine von Außen nach der Mitte des Feuers hin sich bewegende Luftströmung, deren Heftigkeit mit der Stärke der Feuersbrunst zunimmt. Die oberhalb des Feuers befindliche Luftsäule dehnt sich nämlich in Folge ihrer Erwärmung beträchtlich aus, wird dadurch leichter, steigt in die Höhe und wird durch die von allen Seiten herbeiströmende kältere Luft wieder ersetzt. Bringt man im Freien bei strenger Kälte geladene Windbüchsen in ein gut geheiztes Zimmer, so erfolgt nicht selten ein Zerreißen des die verdichtete Luft enthaltenen Raums in Folge der größeren Ausdehnung der Luft durch die Wärme. Die Winde verdanken ihre Entstehung dem durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen gestörten Gleichgewichte der Luft, indem stets Luftströme von der dichteren Luft nach der dünneren entstehen. Bei einem Windofen stürzt die kalte Luft des Zimmers in den Ofen und verursacht beim lebhaften Verbrennen des Brennmaterials jenes bekannte Getöse, das stets entsteht wenn dichtere Luft in einen luftverdünnten Raum eindringt.

Beim Uebergange der festen Körper in den tropfbar flüssigen und der tropfbar flüssigen in den elastisch flüssigen Zustand wird Wärme gebunden und der Umgebung entzogen. Dagegen beim Uebergang der elastisch flüssigen Körper in den tropfbar flüssigen, oder der tropfbar flüssigen in den festen Zustand wird Wärme entbunden, frei und der Umgebung mitgetheilt.

Gefrornes Quecksilber, in ein Glas mit Wasser gebracht, thaut auf, während das Wasser gefriert. Eben so thaut der in einer Flasche gefrorne Wein in Wasser auf, während Wasser an den Wänden der Flasche gefriert. Beim Schmelzen eines Stückes Eis oder noch mehr eines Stückes gefrornen Quecksilbers in der Hand empfindet man eine bedeutende Kälte, indem die zum Schmelzen erforderliche Wärme der Hand entzogen wird. Löst man feste Körper in flüssigen auf, so werden letztere dadurch abgekühlt, und daher der Genuß des frischen Wassers, in welches man zur Sommerszeit Eis bringt oder Zucker. Einen zinnernen Teller bringt man im heißen Zimmer zum Anfrieren an den Tisch, wenn man Wasser auf denselben

gießt, den Teller darauf setzt und darin Schnee mit Kochsalz mengt. Bringt man gefrorne Aepfel in Wasser von mäßiger Temperatur, etwa + 6 bis 10° R, so thauen dieselben auf, während rings um dieselben sich eine Eisrinde bildet. Man kann Wasser über dem Feuer zum Gefrieren bringen, wenn man über das Feuer ein Gefäß mit Schnee, in welchem sich ein Schälchen mit Wasser befindet, bringt. Der schmelzende Schnee entzieht dem Schälchen und dem Wasser Wärme, so daß letzteres in Eis übergeht.

Bei einer Temperatur von + 8° R erzeugt die Verdunstung der schwefligen Säure eine Kälte von — 46° R, im leeren Raume der Luftpumpe von — 54° R. Feuchte Körper fühlen sich kälter an als trockene, wenn beide gleiche Temperatur haben, weil beim feuchten sogleich ein Verdunsten vor sich geht, wozu Wärme gebunden wird. Wasser, Wein und andere Getränke in Flaschen können im Sommer merklich abgekühlt werden, wenn die Flaschen mit nassen Tüchern umwickelt und in die Sonne gesetzt werden. In Italien, Spanien und Portugal hat man Kühlgefäße aus porösem Thone, Alcarazzas genannt, der unglasirt gelassen wird; die durch die Wände durchschwitzenden kleinen Tropfen verdunsten an der Außenseite des Gefäßes und kühlen so die Flüssigkeit ab. In Ungarn sucht man den Wein selbst mittelst Feuers abzukühlen. Man bringt nämlich die Flaschen, worin er sich befindet, in feuchte, lockere Erde und macht hierüber ein lebhaftes Feuer an. Heiße metallene Gefäße faßt man mit feuchten Lappen an, um die Gefahr des Verbrennens der Hand zu vermeiden. Benetzt man den Finger, so empfindet man an der dem Luftstrom zugekehrten Seite wegen der daselbst lebhafter vor sich gehenden Verdunstung ein Gefühl von Kälte, woraus man die Windesrichtung abnehmen kann. Nach dem Regen wird die Luft in der Nähe des Erdbodens durch das verdunstende Wasser bedeutend abgekühlt, während die Temperatur der oberen Luftschichten wegen des Rücktritts des Wassers aus dem elastisch in den tropfbar flüssigen Zustand merklich erhöht wird. In der Nähe großer Wasserflächen oder auf denselben empfindet man selbst an den heißesten Sommertagen das Gefühl einer angenehmen Kühle und nur im Innern wasserarmer großer Länderstrecken sind die heißen Sommer unerträglich. Bei Hirnentzündungen wendet man nasse Ueberschläge über den Kopf an, die man häufig wechselt. Flüssigkeiten werden am schnellsten dadurch abgekühlt, daß man ihre Oberfläche möglichst zu vergrößern und so ein rascheres Verdunsten derselben zu bewirken sucht. Speisen und Getränke werden durch Blasen abgekühlt, indem dadurch die Verdunstung befördert wird. Die Schleifen, deren sich die Kaufleute zuweilen zur Fortschaffung schwerer Lasten in den

Städten bedienen, werden durch feuchte Lappen abgekühlt, um nicht in Brand zu gerathen. Feuchtes Holz und nasser Torf heizen schlecht, weil ein sehr bedeutender Theil der durch ihre Verbrennung erzeugten Wärme zur Verflüchtigung des im Brennmaterial befindlichen Wassers verwendet wird. Ein brennendes mit Wasser begossenes Holzscheit wird bedeutend abgekühlt, indem es seine Hitze zum Kochen des Wassers hergeben muß; daher die Anwendbarkeit des Wassers beim Feuerlöschen. Gefäße aus leicht schmelzbaren Metallen mit Flüssigkeiten gefüllt kann man getrost großer Hitze aussetzen. So lange noch Flüssigkeit in denselben sich befindet, wird alle Wärme dieser zugeführt und erst wenn diese vollends verdunstet ist, tritt die Wärme zum Metall und schmilzt es, wenn man es nicht vom Feuer entfernt. Selterwasser und Bier werden beim Einschenken kühler. Wird in kalten Zimmern Leibwäsche aufbewahrt, so trockne man sie kurz vor dem Gebrauch, damit nicht die in ihr befindliche Feuchtigkeit auf unserem Leibe verdunste und wir vor Erkältung geschützt bleiben. Man hüte sich, Wäsche in Schlafzimmern zu trocknen oder in einem feuchten Bette zu schlafen, wenn man nicht durch Rheumatismen und andere Krankheiten seine Unvorsichtigkeit büßen will.

Mittheilung der Wärme durch Leitung. Gute und schlechte Wärmeleiter.

Metallstangen fühlen sich an kalten Wintertagen viel kälter an als Holzstangen, obgleich beide gleicher Temperatur lange ausgesetzt waren, weil die Metallstange der Hand rascher und in größerem Maaße Wärme entzieht als das Holz. Aus diesem Grunde ist man mehr der Gefahr des Erkältens ausgesetzt, wenn man sich auf eine steinerne statt auf eine hölzerne oder von Stroh geflochtene Bank setzt, oder wenn man auf einem mit Steinen gepflasterten Boden statt auf einem gedielten längere Zeit zu stehen hat. Uebersteigt aber die gleiche Temperatur des Metalles und Holzes die Temperatur unseres Körpers oder die Blutwärme, so fühlt sich das Metall wärmer an, als das Holz, da beim Metalle von allen seinen Punkten, beim Holze nur von den zunächst liegenden die überschüssige Wärme der Hand zufließt. Stein ist ebenfalls ein bessrer Wärmeleiter als Glas, und deshalb unterscheiden geübte Juwelenhändler durch bloses Anfühlen ächte Edelsteine von den nachgemachten.

Der schlechten Wärmeleiter bedient man sich stets, wenn Wärme angehäuft und zurückgehalten werden soll; schnelle Verbreitung der Wärme bewirkt man dagegen durch die guten Wärmeleiter. Bäume und Sträuche

umwickelt man, wie bereits erwähnt, im Winter mit Stroh ꝛc., um sie vor dem Erfrieren zu schützen. Wir kleiden uns in solche Stoffe, die schlechte Wärmeleiter sind, um die durch den Lebensproceß in uns entwickelte Wärme nicht schnell entweichen zu lassen. Unsere Kleider sollte man daher richtiger sagen, halten warm, statt sie machen warm, denn nimmermehr wird ein Leichnam warm werden, in wie viel Betten, Pelze ꝛc. wir ihn auch hüllen mögen. Eben so umgibt man Körper, welche man vor der Erwärmung schützen will, mit schlechten Wärmeleitern, da offenbar dieselben Körper, welche vor dem Froste schützen, auch zur Abhaltung der Hitze dienen. Die Eisgruben umgibt man mit einem doppelten Verschlag von Holz, dessen Zwischenräume man mit Kohlenpulver, Häckerling, Moos u. s. w. ausfüllt. In unseren heißesten Tagen wird Butter außerhalb des Kellers frisch erhalten in Holzbüchsen, die man mit Flanell oder ähnlich warmhaltenden Stoffen umhüllt. Um Essen warm zu halten kann man dasselbe in Wolle und Betten einhüllen; die Konditoren thun aber dasselbe, um an heißen Sommertagen das Eis am Schmelzen zu verhindern. Auch Trinkwasser hält sich besser frisch in Gefäßen von Holz oder Thon, als von Metall; am Besten in Töpfen, die in hölzerne Kästen eingeschlossen sind. Die alten Aegypter umgaben ihre Trinkgefäße mit Stroh, um die Getränke im Sommer kühl zu erhalten. Um im Winter warm, im Sommer kühl zu wohnen, baue man Häuser mit doppelten Wänden, zwischen denen eine Schicht trockener Luft, die mit der äußeren in keiner Verbindung steht, eingeschlossen ist, bringe in den Zimmern abstehende Tapeten,, doppelte Fußdecken, unter denen sich Heu befindet, Doppelthüren und Doppelfenster an, decke das Dach mit Stoh und bringe unter dem Hause einen großen Keller an, und das Gewünschte ist erreicht. Der mit Luft, die im ruhigen Zustande ein schlechter Wärmeleiter ist, angefüllte Keller nimmt weniger an den Temperaturveränderungen Theil, als der gut leitende Erdboden, den das Haus im Erdgeschoß überall unmittelbar berührt. Die Einsatzschüsseln (Menagen), deren sich in größeren Städten die Garköche zur Versendung der Speisen bedienen, enthalten doppelte Blechwände, deren Zwischenräume mit Luft angefüllt sind. Man umgibt die metallenen Steigbügel zur Winterszeit mit Stroh, um sich nicht die Füsse zu erfrieren, und bei Brunnenröhren geschieht dasselbe, um das von denselben eingeschlossene Wasser vor dem Gefrieren zu bewahren. Eine Schneedecke schützt unsere Saaten vor dem Erfrieren; eine Schneedecke bringt aber erfrorne Glieder auch wieder zum Leben, ja Menschen überhaupt, welche schon Tage lang erfroren dalagen, wurden besonders durch Anwendung des Schnees als schlechter

Wärmeleiter wieder ins Leben zurückgerufen. Man reibt nämlich einen solchen Unglücklichen recht tüchtig mit Schnee, welcher es der vom Körper eingeschlossenen inneren Wärme möglich macht, sich zu sammeln und sich unserem Gefühle selbst bemerklich zu machen. Alsdann bringt man ihn entweder in ein kaltes Bett oder überdeckt ihn, jedoch stets so, daß sein Kopf frei bleibt, mit Stroh, Heu oder anderen schlechten Wärmeleitern, wodurch er eine höhere Temperatur erreicht und gewöhnlich die Augen zum neuen Leben aufschlägt. Die Kanadier verfahren noch einfacher. Sie begraben jeden Erfrornen, den sie auf ihren Jagdstreifereien antreffen, tief unter Schnee, lassen ihn hier sorglos eine ganze Nacht liegen und sehen, wenns hoch kommt, am folgenden Morgen nach, wie es mit dem Unglücklichen stehe. Dieser hat meist seine Reise bereits weiter fortgesetzt.

Metallene Geschirre werden mit hölzernen Griffen versehen, glühende Kohlen kann man in der Hand auf untergestreuter Asche tragen, ein auf einen heißen Ofen gestelltes Glas wird durch eine Unterlage von dünnem Papier vor schneller Erwärmung und dadurch vor dem Zerspringen geschützt. Eben so kann man heiße Gegenstände bei Anwendung einer Unterlage von dünnem Papier auf einen guten Tisch stellen, ohne Gefahr zu laufen, ihn zu beschädigen. So gefährlich in den meisten Fällen es ist, in ein kaltes Glas eine gut erwärmte Flüssigkeit zu gießen, so wird doch die Gefahr in den meisten Fällen dadurch beseitigt, daß man vorerst einen guten Wärmeleiter, etwa einen großen silbernen Löffel, in das Glas bringt und alsdann erst die Flüssigkeit übergießt. Das Metall reißt die Wärme begierig an sich und erst durch die Mittheilung seiner Wärme an das Glas wird letzteres allmählich erwärmt und erleidet eine weniger ungleichförmige Ausdehnung. Hölzerne Graniturен an Gewehren sind zweckmäßiger als metallene. Metallene Oefen werden leichter durch ihre ganze Ausdehnung erwärmt als thönerne, daher sie zur schnellen Heizung zu empfehlen sind, und in metallenen Kochgeschirren sieden die Flüssigkeiten gleichfalls schneller als in irdenen. Ein auf eine Unterlage von Papier oder Holz gestelltes Räucherkerzchen brennt ganz ab, verlischt aber bald, wenn es unmittelbar auf eine Metallplatte gestellt wird, welche als guter Wärmeleiter dem brennenden Räucherkerzchen die zu seinem Fortbrennen erforderliche Wärme entzieht. Beim Feueranmachen lege man die glühenden Kohlen nicht unmittelbar auf den metallenen Rost, sondern auf eine die Wärme schlecht leitende Unterlage von Holz oder Torf. Durch Anhäufung von Asche und Ruß in den Oefen wird ihre Erwärmung verhindert und deßhalb soll man ja das gehörige Reinigen des Ofens nicht

unterlassen. Beim Baden haben wir es der Wärmeleitungsfähigkeit des Wassers zuzuschreiben, daß es uns anfänglich friert. Nasse Kälte ist weit empfindlicher, als trockene, und große Hitze bei ruhiger Luft ist weit schwerer zu ertragen, als bei bewegter, weil in letzterem Falle die den warmen Körper des Menschen umgebenden Luftschichten nicht erneuert werden. Die Damen bedienen sich der Fächer, um bei großer Hitze die vom Gesichte erwärmten Luftschichten zu entfernen und dasselbe kühl zu halten. Feuchte Körper fühlen sich bei gleicher Temperatur kälter an als trockene, und so gibt Luft von + 15° R ein Gefühl von Wärme, während Wasser von derselben Temperatur uns kalt erscheint. Die Beispiele von Selbstentzündung schlechter Wärmeleiter, wie feuchten Heues, Strohes, feuchter Sägespäne u. s. w, lassen sich wohl also erklären, daß durch die Zusammendrückung dieser Körper vermöge des auf den unteren Schichten lastenden Drucks viel Wärme frei wird, welche sie nicht durch die Masse hindurch an die äußere Luft abgeben können, und dadurch selbst so heiß werden, daß sie in Brand gerathen. Die Thiere in den kalten Zonen sind mit einem dichten Pelzwerke bedeckt und auch bei uns nimmt die Behaarung ihrer Felle gegen den Winter zu.

Mittheilung der Wärme durch Strahlung und Gesetze der strahlenden Wärme.

Die gewundenen Ofenröhren pflegt man da, wo sie Wärme ausstrahlen sollen, unpolirt zu lassen und vielmehr mit Graphit anzustreichen, dagegen da, wo sie keine Wärme abgeben sollen, so viel wie möglich polirt und blank zu erhalten. Eben so erhält man eiserne Kochöfen von Außen blank und sauber, versieht aber ihre innere, den Töpfen zugekehrte Seite mit rauhen und geschwärzten Oberflächen. Die metallenen Geräthschaften beim Feuerschüren erhalte man stets blank und sauber, damit sie durch die strahlende Wärme des Feuers weniger erhitzt werden und sich ohne Gefahr gebrauchen lassen. Durch Ofenschirme schützen wir uns vor der übergroßen strahlenden Wärme unserer Oefen. Flache, stehende Wasser werden im Sommer viel schneller erwärmt bei schwarzem, moorigen Grunde als bei hellem, sandigen. Beim Aufgang der Sonne wird das dunkle, rauhe feste Land viel schneller erwärmt, als die helle, glatte See und daher erhebt sich zu zu dieser Zeit auf vom Meere umschlossenen Inseln ein von allen Seiten vom Wasser nach dem Lande hin wehender kühlender Wind, Seewind. Nach Sonnenuntergang kühlt sich die Erde bedeutend schneller ab, als das Meer und die kältere Luft des Landes stürzt sich nach der wärmeren und deßhalb

dünneren des Meeres, es entsteht ein von allen Seiten vom Lande herwehender Wind, Landwind.

Wegen der Zurückwerfung der Sonnenstrahlen ist es im Sommer zwischen Gebäuden in Städten heißer als auf freiem Felde, in von der Sonne beschienenen Thälern heißer, als in der Ebene.

Schließlich wollen wir in diesem Abschnitte von der rechten Anwendung der Wärme in dem Haushalte noch der zweckmäßigen Einrichtung gedenken, die der Mensch zur Bereitung seiner Speisen in der Küche zu treffen hat, der sogenannten Sparkochheerde.

Die einfachste Art dieser ist, wenn das Feuer unter einer etwa 1/3 Zoll dicken eisernen Platte brennt, auf welche die Kochgeschirre gestellt werden. Allein ihre Beheizung erfordert doch immerhin noch vieles Brennmaterial und es dauert stets lange, bis das Sieden der Flüssigkeit in den Gefäßen eintritt; auch haben sie den Nachtheil, daß, um nur ein einziges Kochgefäß zu erwärmen, der Platte ein eben so hoher Hitzgrad gegeben werden muß, als wenn die ganze Platte mit Gefäßen besetzt wäre. Man hat daher die vortheilhaftere Einrichtung getroffen, der eisernen Platte mehrere runde Oeffnungen zu geben, auf welche die Gefäße gestellt werden und so mit ihrer Bodenfläche der unmittelbaren Einwirkung des Feuers unterliegen. Am vortheihaftesten aber bleibt es immer, wenn die Gefäße ihrem größten Theile nach in den Feuerkasten des Heerdes eingesetzt werden, so daß sie höchstens 3 Zoll über die Heerdplatte heraussteben, in welchem Falle sie von der Flamme rings umspielt und in viel kürzerer Zeit und mit weniger Brennmaterial als in den beiden übrigen Fällen so erhitzt werden, daß das Kochen der in ihnen befindlichen Flüssigkeiten eintritt. Die Gefäße selbst müssen entweder von Gußeisen oder von gut verzinntem Eisen- oder Kupferblech verfertigt seyn, thönerne Gefäße können nur auf, aber nicht in die Heerdplatte eingesetzt werden und brennen schnell an ihrer Bodenfläche durch, mit welcher sie über die Oeffnungen der Platte zu stehen kommen. Was übrigens die weitere Einrichtung des Kochheerdes, den Feuerkasten, Aschenrost, Feuerkanal, die Rauchsabzugsröhren u. s. w. betrifft, so erfolgt solche nach den weiter oben bei der Construktion zweckdienlicher Oefen gegebenen Regeln.

Register.

Seite

A.

Abdampfen 168
Abkühlen des Weins ꝛc. 187
Abkühlung der Körper 126
Abkühlungsgefäße 187
Abrauchen 168
Abziehen 168
Aequator des Himmels . . . 87
Aggregatszustand 11
Alcarazzas 187
Animalische Wärme . . . 7. 115
Argandsche Lampe 142
Atherman 62
Auftreiben 167
Ausdehnsamkeit der Gase . . . 160
Ausdehnung der Körper durch die Wärme . . . . 13 .26

B.

Backkohlen 136
Ballon 150
Barometer 33
Berge ändern das Klima . . . 103
Boden ändert „ „ . . . 103
Braunkohle 135
Breguet, Metallthermometer . . 26
Brennen mit nnd ohne Flamme . 45
Brenngläser 4
Brennmaterialien 129
Brennspiegel 65
Brennstoffe, ihre Reihenfolge . . 139

Seite

C.

Calciniren 168
Calorimeter 80
Celsius, Centesimalscale . . . 21
Chemische Wirkungen der Wärme 6
Cohäsion 14
Compensation am Pendel . . . 148

D.

Dampf 12. 49
Dampfbildung 154
Dampfgeschütze 166
Dampfheizung 169
Dampfmaschine 164
Davy's Sicherheitslampe . . . 175
Davy's Glühlämpchen 144
Dekatiren des Tuches 166
Destilliren 167
Diatherman 62
Differenzialthermometer 36
Drebbel's Thermometer . . . 29
Dunst 12. 50

E.

Einfache Stoffe 42
Eisbereitung 174
Ekliptik 86
Elasticität der Luft 30
„ „ Dämpfe 158
Erdbeben 17

Seite

Erhebung des Landes über die Meeresfläche 98
Erkalten der Körper 76

F.

Fahrenheit 21
Festwerden 56
Feuerbeständig, fix rc. 52
Feuerlöschen 47
Feuerschlagen 9
Firnisse zur Unverbrennlichkeit . . 49
Flüchtig, schwerflüchtig 53
Flüsse 152
Flüssig, leichtflüssig, schwerflüssig . 38
Fortgeleitete Wärme 61
Freiwerden der Wärme 58
Frühlingsnachtfröste 179
Fundamentalpunkte 20

G.

Gasbeleuchtung 144
Gase 12. 50
Gefrieren 56
Gefrierpunkt, natürlicher, künstlicher 21
Gefrornes bereiten 154
Gestehen 56
Glas, Ausdehnung 15
Glutmesser 27
Golfstrom 102

H.

Häckerlinge zum Feuerlöschen . . 49
Hämmern der Körper 10
Hagel 182
Heizen der Oefen 127
Heizkraft der verschiedenen Brennmaterialien 139
Heizen durch erwärmte Luft . . 141
" " erwärmtes Wasser . 141
" " Wasserdampf . . . 169
Hitze 3
Holz, dessen Einschlag 139
" " Gewicht 130
" " Heizvermögen . 132. 139
Holzkohle 134
Holzmangel 117
Humboldt, A. von 97

Seite

Hygrometer 183

J.

Jahrestemperatur, mittlere, mehrerer Orte 95
Jahreszeiten, Temperatur derselben 91
" " neue Eintheilung . 94
de l'Isle 21
Isochimenen 97
Isotheren 97
Isothermische Linie 97

K.

Kalk, Löschen 85
Kaltmachende Mischungen . . . 40
Kamine 118
Kleider, Stoff, Farbe rc. . . . 115
Knallgas 47
Kochheerde 192
Kochen des Wassers . . . 50. 154
Kochen durch Dampf . . . 50. 166
Körper, einfache 42
Krystallisationswasser 40

L.

Lampen, vervollkommte 143
Landklima 101
Latente Wärme 39. 51
Lebensproceß . . . .
Legirung 28
Leitung der Wärme 71
Leitungsvermögen einiger Körper . 72
Leslie 68
Licht, philophisches 144
Lohkuchen 139
Löthpulver 152
Löthrohr 153
Luftarten 12
" zur Beleuchtung . . . 143
Luftdruck, einseitiger 31
Luftheizung 141
Luftströmung 102
Luftthermometer 29
Luft, ihre Wärmecapacität . . . 84

M.

Manteltrichter 149

Seite

Meerströmung 102
Melloni 62
Metallthermometer 25
Mittheilung der Wärme . . . 61
Mollet's Pumpe 11
Monatstemperatur, mittlere . . 93
Mondlicht, Wirkung 5

N.

Nebel 181
Normalmaaß 148

O.

Oefen, Beschaffenheit derselben . 119
„ eiserne, blecherne, thönerne 125
„ Heizen 127

P.

Papin 156. 163
Pendel 146
Perkins Dampfgeschütz 166
Pferdekraft 165
Pflanzen, ihre Breiten= und Längenzonen 104
Piktets Spiritusgebläse . . . 153
Prinseps Pyrometer 27
Pulshammer 156
Pyrometer 27

R.

Rauch 47
Rauchcirculationskanäle 122
Rauminhalts Aenderung . . . 13
Reaumur 21
Rectification 168
Reflection der Wärmestrahlen . . 65
Refraktion 69
Region der Pflanzen 104
Reibung der Körper 8
Reif 180
Retorten 167
Rösten 168
Rumford 143. 156
Rostpendel 147

S.

Sandkohlen 135
Sauerstoffgas, Bereitung . . . 35
Savery 163

Seite

Schlossen 182
Schmelzen 37. 41
Schmelzpunkt 38
Schmelzbar, leicht, schwer . . . 38
Schmelzung 151
Schnee 182
Schneegrenze 101
Schnellloth 151
Schröpfen 151
Seeklima 101
Sieden 154
Siedpunkt 52
Singen des Wassers 155
Sinterkohlen 135
Skalen, Thermometer, verschiedene 21
Sonne, Quelle der Wärme . . 2
Sonnenlauf, jährlicher 87
Specifische Wärme 77
„ „ einiger Körper 82. 83
Strahlende Wärme 61
Steinkohlen 135
„ ihre Entstehung . . . 136
Sublimation 168

T.

Tage, ihre längste Dauer . . . 89
Tagstemperatur, mittlere . . . 92
Tannenzapfen 139
Temperatur 5
„ mittlere, tägliche, monatliche, jährliche 92. 93
Thaubildung 230
Thermomagnetismus 60
Thermometer 18
Thermoskop 18
Thierkreis 86
Torf 137
Torfkohlen 138
Trockenstuben 721
Trocknen der Wäsche 172
Tschirnhausen 4

V.

Verbindungen, chemische . . . 6
Verbreitung der Pflanzen u. Thiere 104.109
Verbrennungsproceß 121

Seite
Verdampfung 50
Verdichtung der Körper . . . 8
Verdunstung 50. 170
Vertheilung, ungleiche, von Wasser und Land 101
Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche 85
Vertheilungsgesetz auf der Erdoberfläche 90

W.

Wachskerze, ihr Brennen . . . 43
Wärme, was sie ist 1
" woher beim Verbrennen . 59
" eigenthümliche, des Erdkörpers 5
" animalische 8
" ihre Wirkungen . . . 11

Seite
Wärmecapacität 79
Wärmeleiter, gute, schlechte . . 71
Wärmestrahlen 62
Wärme, was sie vermag . . . 111
Wasser, Eigenschaft desselben . . 59
Wasserdampf, Temperatur . . . 55
" " Druck 159
Wasserhammer 156
Wasserheizung 141
Wasser, gefrierendes 17
Wedgewoods Pyrometer 27
Wetter, schlagende 176
Weinverstärkung 173
Winsor 143
Wohnungen 117

Verbesserungen.

pag. 25 Zeile 21 v. o. lies Temperaturen statt Temperatur

" 54 " 11 v. u. ist zu ergänzen: Fig. 10.

" 77 " 26. v. o. lies gleichen statt gleichem.

Figur 1.

C.	R.	F	de l'
+100°	+ 80°	+ 212°	0
90	72	194	15
80	64	176	30
70	56	158	45
60	48	140	60
50	40	122	75
40	32	104	90
30	24	86	105
20	16	68	120
10	8	50	135
0	0	32	150
− 10	8	14	165
− 20	16	− 4	180
− 30	32	22	195
− 40	40	40	210

Fig. 7.

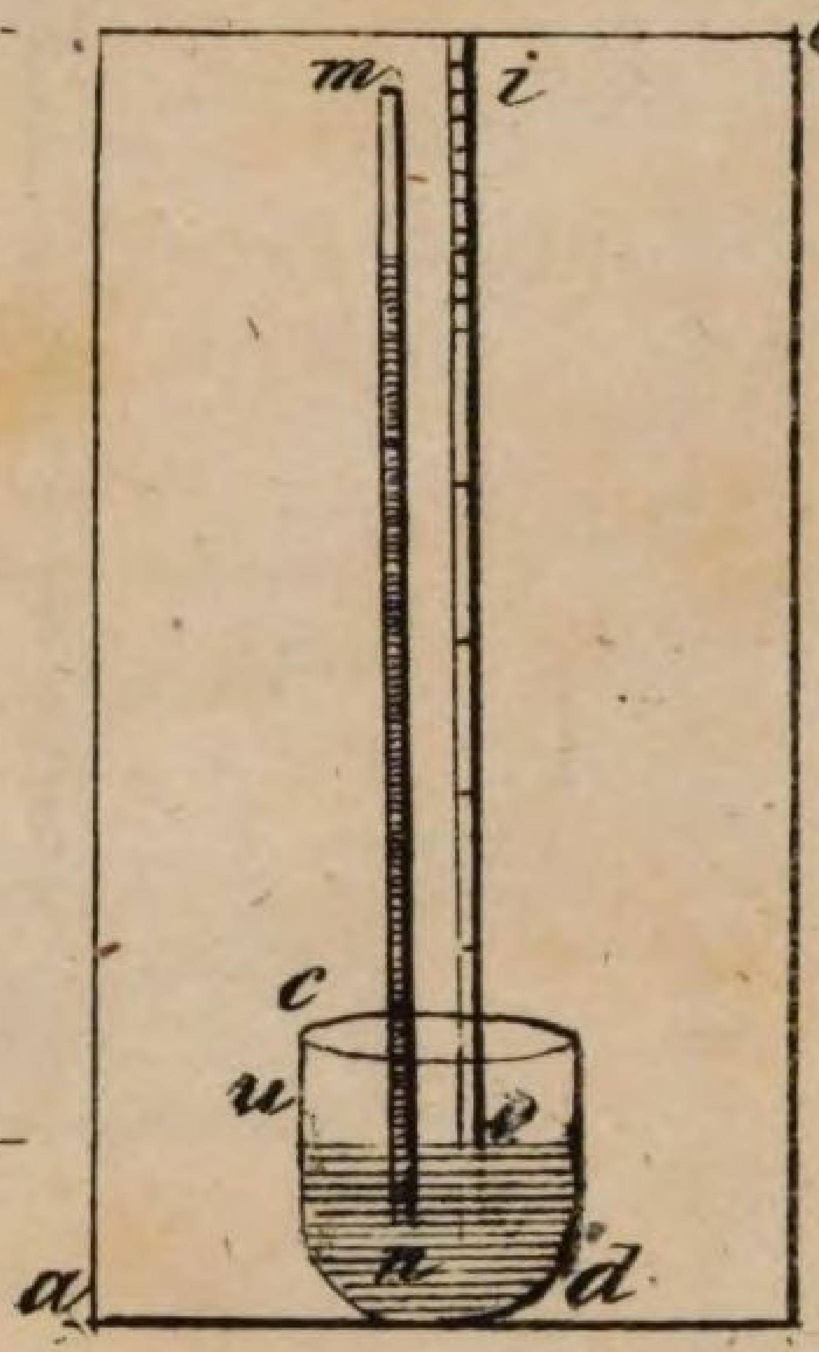

Fig. 8.

Fig. 9.

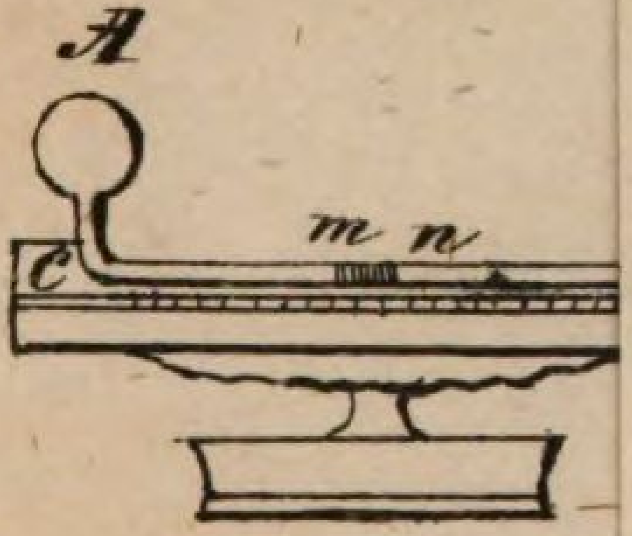

Fig. 18.

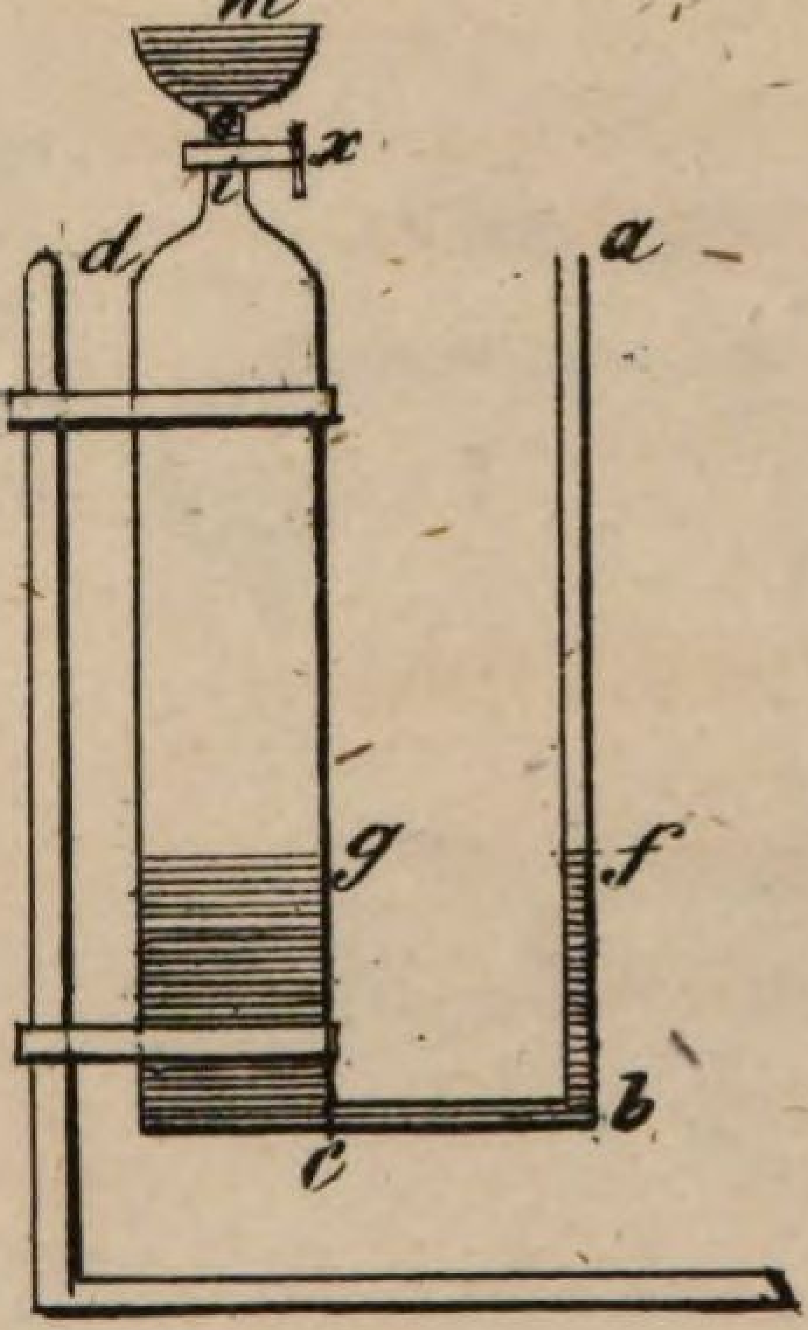

Fig. 21

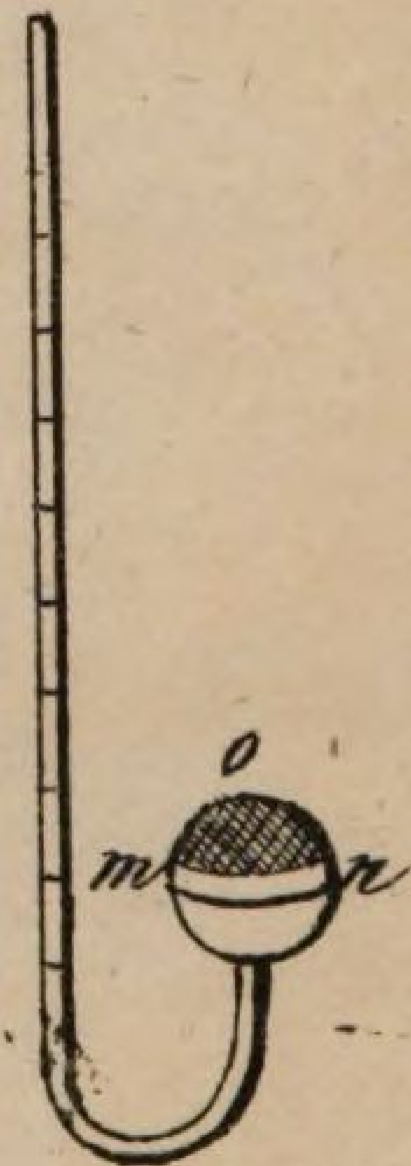

Fig. 10.

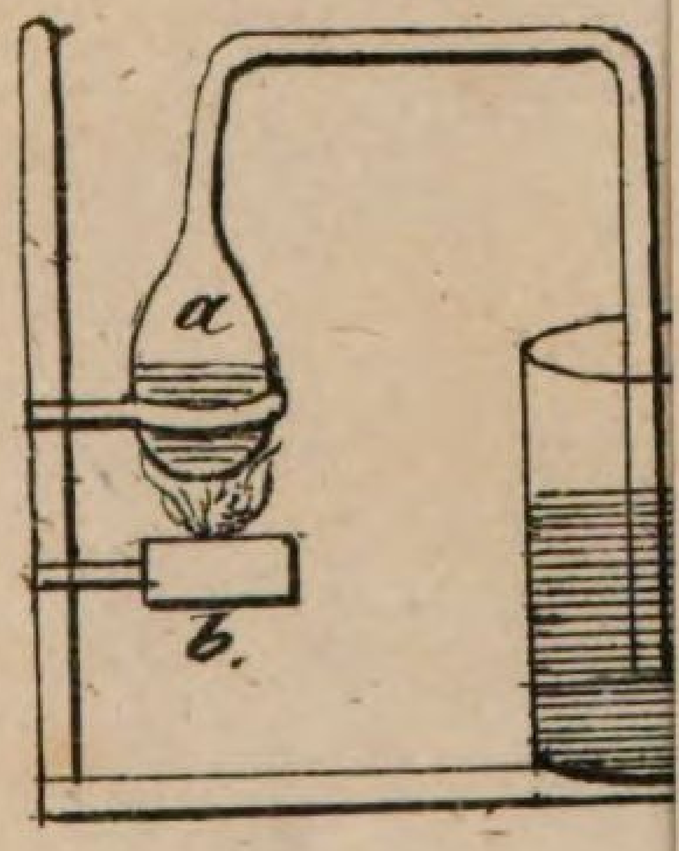

Fig. 20.

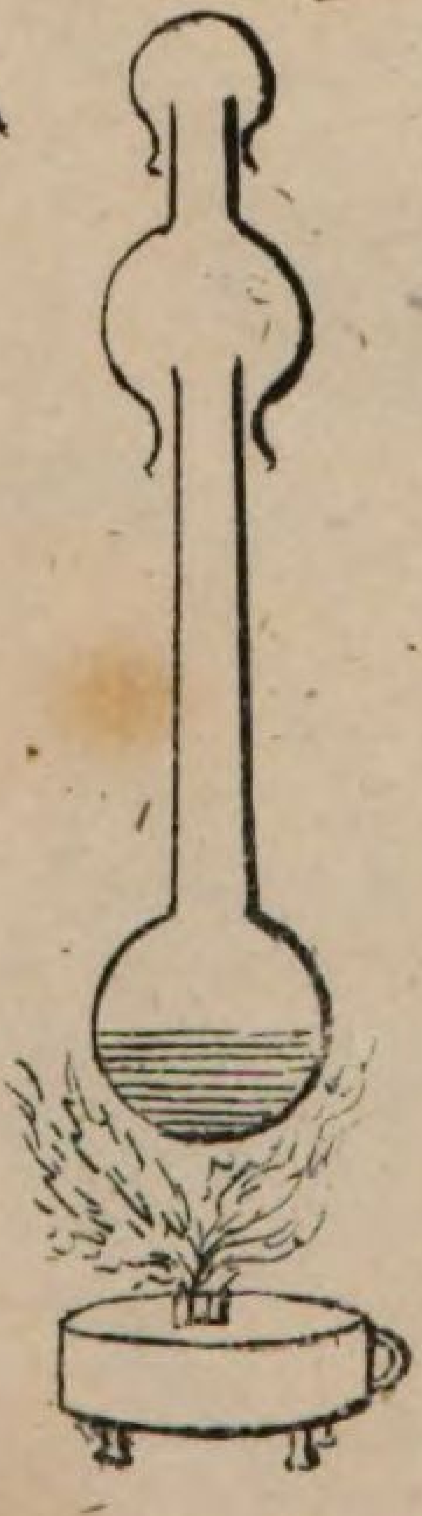

Fig. 1

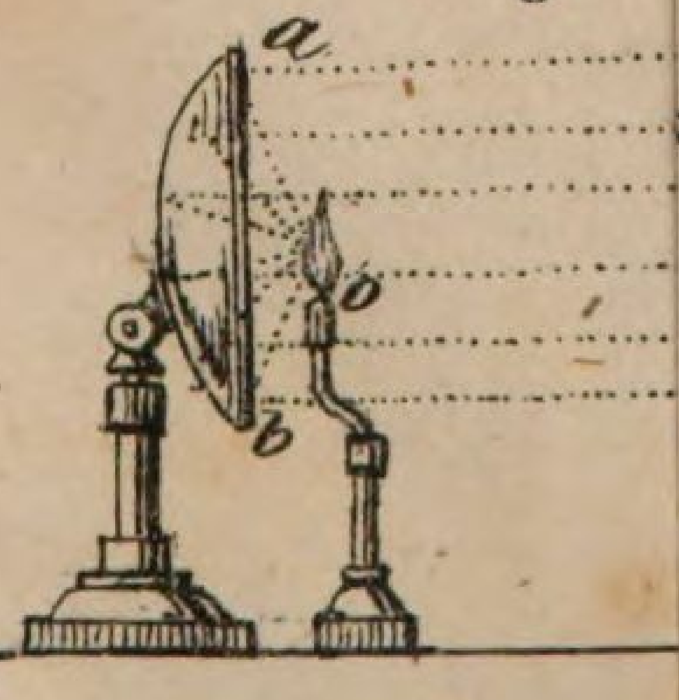

Fig. 19.

Brem3

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Wöckel, Lorenz

Die Lehre von der Wärme mit besonderer Rücksicht auf die alltäglichen Erscheinungen und auf ihre Anwendung in Gewerben, Landwirthschaft und im Haushalte überhaupt für diejenigen, welche ohne weitere naturwissenschaftliche Kenntnisse sich in diesem wichtigen Theile der

Nürnberg 1847

Phys.sp. 751 i
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10135097-4